

BAB 2 KAJIAN TEORETIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Keterampilan Proses Sains

2.1.1.1 Pengertian Keterampilan Proses Sains

Menurut Aktamiş & Ergin (2008), keterampilan proses sains merupakan seperangkat kemampuan yang memungkinkan peserta didik melakukan penyelidikan ilmiah dan memahami fenomena alam secara mendalam. Keterampilan Proses Sains adalah gabungan kemampuan yang digunakan dalam penyelidikan ilmiah, mulai dari mengamati fenomena hingga kesimpulan (Septiana et al., 2024). Keterampilan proses sains bukan hanya tentang penguasaan konten, melainkan tentang *bagaimana* siswa melakukan sains seperti merencanakan, mengolah, menilai, dan menyampaikan hasil (Aslan, 2015). Selain itu, keterampilan proses sains merupakan keterampilan atau kemampuan untuk melakukan suatu kegiatan dalam belajar sains untuk menghasilkan konsep atau membuktikan konsep, teori ataupun fakta-fakta dalam sains (Babang, 2021).

Sedangkan menurut Rustaman et al. (2005) keterampilan proses sains merupakan keterampilan ilmiah yang melibatkan keterampilan kognitif atau intelektual, manual dan sosial yang diperlukan untuk memperoleh dan mengembangkan fakta, konsep dan prinsip Biologi. Hal ini sejalan dengan pendapat yang dikemukakan oleh Widayanto (2009) yang mengemukakan bahwa keterampilan proses sains dapat diartikan sebagai kemampuan atau kecakapan untuk melaksanakan suatu tindakan dalam belajar sains sehingga menghasilkan konsep, teori, prinsip, hukum maupun fakta atau bukti. Berdasarkan beberapa pendapat yang telah disajikan maka dapat disimpulkan bahwa keterampilan proses sains adalah keterampilan yang menekankan pada proses pembelajaran untuk memperoleh, mengembangkan, dan menerapkan konsep-konsep, hukum-hukum dan teori-teori sains baik berupa keterampilan intelektual, keterampilan fisik, maupun keterampilan sosial (Bau et al., 2024).

Berdasarkan uraian di atas, keterampilan proses sains adalah seperangkat kemampuan ilmiah yang menekankan pada keterlibatan aktif peserta didik dalam proses memperoleh, mengembangkan, dan menerapkan konsep-konsep sains melalui berbagai kegiatan penyelidikan. Keterampilan ini mencakup intelektual,

fisik, dan sosial yang saling berkaitan dalam memahami fenomena alam secara mendalam. Dengan demikian, keterampilan proses sains tidak hanya berfokus pada penguasaan materi atau teori, tetapi juga pada bagaimana peserta didik berpikir, merencanakan, mengobservasi, mengolah data, hingga menarik kesimpulan berdasarkan bukti empiris.

2.1.1.2 Urgensi Keterampilan Proses Sains

Keterampilan Proses Sains (KPS) memiliki urgensi yang tinggi dalam pembelajaran karena berfungsi sebagai dasar utama bagi peserta didik untuk memahami sains secara mendalam, bukan sekadar menghafal fakta. KPS mencakup aktivitas mental dan fisik siswa dalam mengumpulkan dan mengorganisasi informasi, kemudian menggunakannya untuk memprediksi, menjelaskan fenomena, menyelesaikan masalah, dan belajar sains dengan pemahaman (Harlen, 2010). Tanpa pembekalan KPS yang kuat, banyak siswa hanya mengikuti pembelajaran secara pasif, sehingga kurang mampu mengaitkan konsep sains dengan fenomena nyata (Widyaningsih et al., 2020).

Selain itu penguasaan KPS juga terletak pada fungsinya sebagai sarana untuk membentuk pola pikir ilmiah peserta didik. Menurut Rustaman dalam Yuliati (2016) melalui KPS, siswa belajar bagaimana ilmuwan bekerja, mulai dari mengidentifikasi masalah, merumuskan hipotesis, mengumpulkan data, hingga menarik kesimpulan yang dapat diuji.

Selain membentuk cara berpikir ilmiah, KPS juga memiliki urgensi dalam meningkatkan hasil belajar sains. Chengere et al. (2025) juga menemukan bahwa peningkatan penguasaan KPS berbanding lurus dengan peningkatan prestasi akademik dan sikap positif terhadap pelajaran sains. Oleh karena itu, pembelajaran sains yang mengintegrasikan KPS akan lebih efektif dalam menghasilkan peserta didik yang aktif, kritis, dan berorientasi pada proses ilmiah. Pengembangan KPS juga terletak pada peranannya dalam pendidikan sains yang autentik dan berkelanjutan tidak hanya di sekolah dasar maupun menengah, tetapi juga perguruan tinggi. Sebagaimana dijelaskan, banyak program sains di perguruan tinggi masih terlalu fokus pada penguasaan konten dan tak secara eksplisit mengajarkan KPS (Coil et al., 2010).

Berdasarkan uraian di atas, urgensi keterampilan proses sains adalah sebagai landasan utama dalam pembelajaran sains yang tidak hanya menekankan pada penguasaan konsep, tetapi juga pada bagaimana konsep tersebut diperoleh melalui proses ilmiah. Melalui penguasaan KPS, peserta didik dapat menghubungkan teori dengan praktik, memahami fenomena alam secara mendalam, serta mengembangkan kemampuan untuk memecahkan masalah berdasarkan bukti empiris.

2.1.1.3 Cara Memberdaya Keterampilan Proses Sains

Untuk memberdayakan keterampilan proses sains pada model *discovery learning* berpendekatan SAVI, masukkan aktivitas langsung yang melibatkan kemampuan somatik, pendengaran, penglihatan, dan intelektual siswa, yang menumbuhkan pemikiran kritis melalui pengalaman langsung dan tugas pemecahan masalah menggunakan sumber daya multimedia seperti video pembelajaran sains (Ahmad, 2021). Selain itu, memberdayakan keterampilan proses sains dalam model *discovery learning* berpendekatan SAVI, pendidik harus mengintegrasikan aktivitas somatik, auditori, visual, dan intelektual yang melibatkan siswa secara aktif, sehingga mendorong partisipasi dan pemahaman (Hazmi, 2025).

Pemberdayaan Keterampilan Proses Sains (KPS) dapat dicapai melalui inkuiri terbimbing, yang melibatkan siswa dalam melakukan investigasi, merumuskan pertanyaan, dan menganalisis hasil. Pendekatan ini meningkatkan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan komunikasi, sehingga mendorong pemahaman yang lebih mendalam tentang konsep-konsep ilmiah (Amita & Prasasti, 2017).

Berdasarkan uraian di atas, maka cara memberdayakan keterampilan proses sains adalah dengan mengintegrasikan kegiatan pembelajaran yang menuntut keterlibatan aktif siswa secara fisik dan mental. Pemberdayaan ini dapat dilakukan dengan menerapkan model *discovery learning* berpendekatan SAVI yang menggabungkan aspek somatik, auditori, visual, dan intelektual untuk menumbuhkan keterampilan proses sains serta pemahaman konseptual siswa secara mendalam.

2.1.1.4 Indikator-indikator Keterampilan Proses Sains

Menurut Padilla (1990), keterampilan proses sains dasar mencakup kemampuan seperti mengamati (*observing*), mengklasifikasi (*classifying*), mengukur (*measuring*), memprediksi (*predicting*), membuat kesimpulan (*making inferences*) dan komunikasi (*communicating*). Sedangkan keterampilan proses sains terintegrasi meliputi definisi operasional variabel (*defining operationally*), mengendalikan variabel (*controlling variables*), merumuskan hipotesis (*formulating hypotheses*), merancang percobaan/eksperimen (*experimenting*), menginterpretasi data (*interpreting data*), serta membangun model (*modeling*).

Keterampilan dasar (*basic*) dianggap pra-syarat bagi siswa agar dapat mengembangkan keterampilan ilmiah yang lebih kompleks. Tanpa kemampuan observasi dan pengukuran yang baik, misalnya, siswa akan kesulitan dalam merancang percobaan atau menarik kesimpulan yang valid. Padilla (1990), menyebut bahwa keterampilan dasar adalah “*building blocks*” untuk keterampilan ilmiah yang lebih tinggi.

Berdasarkan uraian di atas, indikator keterampilan proses sains mencakup dua tingkatan utama, yaitu keterampilan dasar dan keterampilan terintegrasi yang saling berkaitan dalam membentuk kemampuan ilmiah peserta didik. Namun pada penelitian ini yang digunakan adalah keterampilan proses sains dasar. Keterampilan proses sains dasar berfungsi sebagai fondasi awal dalam melakukan kegiatan ilmiah, meliputi kemampuan mengamati, mengklasifikasi, mengukur, memprediksi, membuat kesimpulan, dan berkomunikasi.

2.1.1.5 Cara Mengukur Keterampilan Proses Sains

Cara mengukur Keterampilan Proses Sains (KPS) harus dilakukan secara sistematis dan komprehensif karena keterampilan ini mencakup aspek kognitif, psikomotorik, dan afektif dalam kegiatan ilmiah. Penilaian keterampilan proses sains dapat dilakukan dengan menggunakan teknik tes maupun non tes (Kurniawan et al., 2019). Instrumen keterampilan proses sains dapat dilakukan melalui observasi atau penilaian kinerja (*performance assessment*) yang dilaksanakan pada setiap pertemuan, baik di kelas, laboratorium, maupun di lapangan dengan menggunakan lembar observasi sebagai alat penilaian utama terhadap aktivitas ilmiah peserta didik (Kurniawati, 2021).

Penggunaan lembar observasi dalam pengukuran keterampilan proses sains memiliki beberapa keterbatasan. Salah satunya adalah kebutuhan akan banyak pengamat (*observer*) untuk memperoleh data yang objektif dan akurat. Kehadiran sejumlah *observer* di dalam kelas dapat mengganggu jalannya pembelajaran, karena perhatian siswa dapat teralihkan dan kesulitan untuk konsentrasi (Praetorius et al., 2017). Selain itu, pada kenyataannya guru umumnya mengajar sendiri tanpa adanya asisten yang dapat membantu dalam proses observasi tersebut. Oleh sebab itu untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu dilakukan penilaian yang berbeda yaitu dengan menggunakan tes keterampilan proses sains berbentuk pilihan majemuk (Kurniawan et al., 2019).

Berdasarkan uraian diatas, pengukuran keterampilan proses sains dilakukan menggunakan tes pilihan majemuk. Tes tertulis dilaksanakan setelah semua rangkaian pembelajaran materi sistem ekskresi selesai dengan jumlah soal sebanyak 29 butir soal.

2.1.2 Hasil Belajar

2.1.2.1 Pengertian Hasil Belajar

Hasil belajar sering didefinisikan sebagai perubahan tingkah laku yang terjadi pada peserta didik setelah mengikuti proses pembelajaran. Hasil belajar merupakan kemampuan yang diperoleh individu setelah proses belajar berlangsung, yang dapat memberikan perubahan tingkah laku baik pengetahuan, pemahaman, sikap dan keterampilan siswa sehingga menjadi lebih baik dari sebelumnya (Fathiyaturrahmani, 2020). Hasil belajar adalah keterampilan atau kemampuan kognitif, afektif, dan psikomotorik tertentu yang diperoleh atau dikuasai siswa melalui keikutsertaannya dalam proses belajar mengajar. Hasil belajar adalah perubahan perilaku siswa yang disebabkan oleh belajar (Wahyudi & Sayekti, 2023).

Hasil belajar siswa merupakan salah satu alat ukur untuk melihat capaian seberapa jauh siswa dapat menguasai materi pelajaran yang telah disampaikan oleh guru. Susanto (2016) mengatakan bahwa hasil belajar siswa adalah kemampuan yang diperoleh anak setelah melalui kegiatan belajar. Karena belajar itu sendiri merupakan suatu proses dari seseorang yang berusaha untuk memperoleh suatu bentuk perubahan perilaku yang relatif menetap. Adapun

menurut Purwaningsih (2022) pengertian hasil belajar adalah kemampuan-kemampuan yang dimiliki siswa setelah menerima pengalaman belajarnya. Hasil belajar siswa dapat dilihat dalam berbagai bentuk, mulai dari hasil ujian semester, ujian kenaikan kelas, bahkan penilaian harian sekalipun.

Taksonomi bloom yang telah dikemukakan oleh Benjamin S. Bloom yang telah direvisi oleh Anderson et al., (Widodo, 2006) berpendapat bahwa hasil belajar ranah kognitif dibagi menjadi dua dimensi, yaitu dimensi pengetahuan dan dimensi proses kognitif. Berikut ini hasil ringkasan dari penjelasan mengenai dimensi pengetahuan dan dimensi proses kognitif.

a. Dimensi Pengetahuan

- 1) Pengetahuan faktual (K-1), yaitu pengetahuan mengenai fakta-fakta yang memuat elemen-elemen dasar yang perlu dikuasai oleh peserta didik ketika mereka mempelajari suatu bidang ilmu atau ketika menyelesaikan persoalan dalam bidang tersebut.
- 2) Pengetahuan konseptual (K-2), yaitu pengetahuan yang berkaitan dengan konsep, mencakup skema, model, teori, dan prinsip yang menggambarkan pemahaman manusia terhadap suatu materi atau objek kajian secara terstruktur.
- 3) Pengetahuan prosedural (K-3), yaitu pengetahuan tentang langkah-langkah dalam melakukan suatu pekerjaan di bidang tertentu, baik yang bersifat rutin maupun yang baru dipelajari.
- 4) Pengetahuan metakognitif (K-4), yaitu pengetahuan mengenai kesadaran seseorang terhadap proses berpikir dan strategi belajarnya sendiri.

b. Dimensi Proses Kognitif

- 1) Mengingat (*remember*)/C-1, yaitu usaha untuk memanggil kembali informasi dari memori yang telah diperoleh sebelumnya, baik informasi yang baru diterima maupun yang sudah lama disimpan. Kategori ini mencakup dua proses utama, yaitu mengenali (*recognizing*) dan mengingat (*recalling*).
- 2) Memahami (*understand*)/C-2, yaitu proses membangun makna dari berbagai sumber seperti pesan, bacaan, maupun komunikasi. Aktivitas ini meliputi menafsirkan (*interpreting*), memberikan contoh (*exemplifying*),

mengelompokkan (*classifying*), meringkas (*summarising*), menarik kesimpulan (*inferring*), membandingkan (*comparing*), serta menjelaskan (*explaining*).

- 3) Menerapkan (*apply*)/C-3, yaitu penggunaan prosedur tertentu untuk melaksanakan percobaan atau menyelesaikan permasalahan. Oleh karena itu, kemampuan menerapkan berhubungan dengan penguasaan pengetahuan prosedural. Aktivitasnya mencakup menjalankan (*executing*) dan mengimplementasikan (*implementing*).
- 4) Menganalisis (*analyzing*)/C-4, yaitu kemampuan menguraikan suatu permasalahan dengan memisahkan tiap bagian dari masalah tersebut serta menentukan bagaimana keterkaitan di antara bagian-bagiannya. Proses ini meliputi kegiatan membedakan (*differentiating*), mengorganisir (*organizing*), dan menemukan pesan tersirat (*attributing*).
- 5) Mengevaluasi (*evaluating*)/C-5, yaitu kemampuan membuat suatu pertimbangan berdasarkan kriteria dan standar yang telah ada. Aktivitas ini mencakup memeriksa (*checking*) dan mengkritik (*critiquing*).
- 6) Mencipta (*create*)/C-6, yaitu kemampuan menggabungkan beberapa unsur menjadi satu kesatuan yang utuh, yang mengarahkan peserta didik untuk menghasilkan suatu produk baru. Kegiatan ini mencakup merancang (*planning*), menghasilkan (*producing*), dan membuat (*generating*).

Berdasarkan pemaparan para ahli dapat disimpulkan bahwa hasil belajar merupakan perubahan perilaku yang mencerminkan kemampuan kognitif, afektif, dan psikomotorik peserta didik setelah mengikuti proses pembelajaran, di mana perubahan tersebut menunjukkan peningkatan pengetahuan, pemahaman, sikap, dan keterampilan yang lebih baik dari sebelumnya. Hasil belajar tidak hanya menjadi indikator keberhasilan siswa dalam menguasai materi pelajaran, tetapi juga menjadi tolok ukur sejauh mana proses pembelajaran mampu mengembangkan potensi peserta didik secara menyeluruh, baik dalam aspek intelektual, emosional, maupun keterampilan praktis. Selain itu ranah kognitif dibagi menjadi 2 dimensi yaitu dimensi pengetahuan dan dimensi proses kognitif. Dimensi pengetahuan ada 4 aspek yaitu pengetahuan faktual, pengetahuan

konseptual, pengetahuan prosedural, dan pengetahuan metakognitif. Sedangkan dimensi proses kognitif terdapat 6 aspek yaitu mengingat, memahami, mengaplikasikan, menganalisis, mengevaluasi, dan membuat.

2.1.2.2 Urgensi Hasil Belajar

Urgensi hasil belajar terletak pada fungsinya sebagai tolok ukur utama untuk mengetahui sejauh mana proses pembelajaran telah berhasil mengantarkan peserta didik ke perubahan yang diinginkan, baik dalam aspek pengetahuan, keterampilan, maupun sikap. Dengan adanya hasil belajar yang jelas dan terukur, pendidik dapat mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan dari metode maupun model pembelajaran yang digunakan, serta melakukan perbaikan sistematis untuk meningkatkan mutu Pendidikan (Mahajan & Singh, 2017). Hasil belajar yang baik menunjukkan bahwa siswa tidak hanya sekadar hadir dalam proses pembelajaran, tetapi benar-benar memperoleh kompetensi yang diharapkan, yang menjadi landasan bagi keberlanjutan pembelajaran berikutnya.

Hasil belajar berperan sebagai jembatan antara tujuan pembelajaran dan praktik nyata di kelas maupun dunia nyata. Dalam konteks pendidikan tinggi dan sekolah, telah ditemukan bahwa pengalaman akademik, aktivitas sosial, dan lingkungan kampus secara signifikan mempengaruhi *learning outcomes* siswa atau mahasiswa yang mencakup aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik. Contohnya pada studi di Tiongkok yang menunjukkan bahwa aktivitas akademik dan sosial siswa berkorelasi kuat dengan hasil belajar mereka (Bai et al., 2022). Dengan demikian, memperhatikan dan meningkatkan hasil belajar bukan hanya soal nilai/angka, tetapi soal menciptakan lingkungan pembelajaran yang bermakna dan responsif terhadap kebutuhan siswa.

Berdasarkan uraian di atas, urgensi hasil belajar adalah salah satu indikator keberhasilan proses pendidikan dalam mencapai tujuan pembelajaran secara menyeluruh. Hasil belajar menjadi bukti bahwa peserta didik telah mengalami perubahan positif dalam aspek pengetahuan, keterampilan, dan sikap setelah mengikuti kegiatan belajar. Melalui hasil belajar, pendidik dapat menilai efektivitas metode maupun model pembelajaran yang diterapkan, sekaligus melakukan refleksi dan perbaikan berkelanjutan agar proses pembelajaran lebih bermakna.

2.1.2.3 Cara Memberdaya Hasil Belajar

Cara memberdaya hasil belajar adalah dengan merumuskan tujuan pembelajaran yang jelas, spesifik dan terukur sehingga seluruh aktivitas pembelajaran memiliki arah yang tepat (Smith, 2021). Ketika guru atau pendidik menetapkan *outcome* atau capaian pembelajaran yang dapat diobservasi maupun diukur, maka proses pengajaran bisa dirancang sedemikian rupa agar siswa tahu apa yang diharapkan dari mereka.

Selain itu pelaksanaan asesmen formatif secara berkelanjutan merupakan salah satu cara efektif untuk memberdayakan hasil belajar peserta didik. Asesmen formatif tidak hanya mengukur pencapaian akhir, melainkan juga mendukung proses pembelajaran melalui umpan balik yang segera serta identifikasi kesenjangan pemahaman secara dini. Sebagai contoh, kajian sistematis menunjukkan bahwa penggunaan asesmen formatif memfokuskan pada proses belajar memberi informasi untuk tindakan lanjutan, bukan sekadar penilaian final dan mampu meningkatkan hasil belajar apabila diintegrasikan ke dalam siklus pengajaran secara rutin (Schildkamp et al., 2020).

Memberdayakan hasil belajar juga memerlukan keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran serta refleksi atas umpan balik yang diterima. Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Wang et al., (2024) menunjukkan bahwa persepsi peserta didik terhadap asesmen formatif secara langsung meningkatkan otonomi belajar mereka, dan hubungan ini sebagian dimediasi oleh pemberdayaan psikologis. Penekanan pada pembelajaran yang berorientasi pada proses bukan hanya hasil akhir mendorong *mindset* bertumbuh (*growth mindset*), memungkinkan peserta didik memandang kesalahan sebagai peluang untuk berkembang.

Berdasarkan uraian di atas, maka cara memberdayakan hasil belajar adalah dengan menetapkan tujuan pembelajaran yang jelas, spesifik, dan terukur sebagai pedoman utama dalam merancang kegiatan belajar mengajar. Selain itu, pelaksanaan asesmen formatif secara berkelanjutan menjadi instrumen penting dalam memberdayakan hasil belajar, karena mampu memberikan umpan balik langsung, mendeteksi kesenjangan pemahaman, serta mendorong perbaikan

berkelanjutan dalam proses pembelajaran. Proses pemberdayaan hasil belajar juga perlu melibatkan peserta didik secara aktif melalui refleksi diri dan penerimaan umpan balik, sehingga mereka memiliki kesadaran metakognitif dan tanggung jawab terhadap kemajuan belajarnya.

2.1.2.4 Indikator-indikator Hasil Belajar

Indikator hasil belajar adalah indikator yang bersifat terukur dan dapat diobservasi sebagai tanda bahwa siswa telah mencapai kompetensi atau tujuan pembelajaran tertentu. Indikator ini merupakan manifestasi konkret dari perubahan perilaku atau kemampuan siswa yang terjadi setelah proses pembelajaran. Dengan adanya indikator hasil belajar, guru dapat menentukan aspek apa saja yang akan dinilai dan bagaimana cara menilainya secara sistematis.

Benjamin S. Bloom yang telah revisi Anderson dan Krathwohl dalam (Wilson, 2016) berpendapat taksonomi (pengelompokan) tujuan pendidikan itu harus senantiasa mengacu kepada tiga macam *domain* yang melekat pada diri peserta didik, yaitu: (1) Ranah proses berfikir (*cognitive domain*), (2) Ranah nilai atau sikap (*affective domain*), dan (3) Ranah keterampilan (*psychomotor domain*). Indikator dalam ranah kognitif menilai sejauh mana peserta didik mampu mengingat, memahami, menerapkan, menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta pengetahuan. Indikator dalam ranah afektif menilai sikap, minat, serta nilai yang ditunjukkan peserta didik. Indikator dalam ranah psikomotorik mengukur keterampilan fisik atau praktikal yang diperoleh melalui pengalaman belajar.

Berdasarkan uraian di atas, indikator hasil belajar dapat dipahami sebagai tolok ukur yang menunjukkan ketercapaian tujuan pendidikan pada setiap *domain* pembelajaran, yaitu ranah kognitif, afektif, dan psikomotorik.

2.1.2.5 Cara Mengukur Hasil Belajar

Cara mengukur hasil belajar dilakukan melalui serangkaian kegiatan penilaian yang bertujuan untuk mengetahui sejauh mana peserta didik telah mencapai tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan. Pengukuran hasil belajar mencakup tiga ranah utama, yaitu kognitif, afektif, dan psikomotorik (Nurhasnah et al., 2023). Pada ranah kognitif, hasil belajar diukur melalui tes tertulis seperti pilihan ganda, isian, atau uraian yang mengukur kemampuan berpikir mulai dari tingkat mengingat, memahami, menerapkan, menganalisis, mengevaluasi, hingga

mencipta sesuai dengan taksonomi Bloom yang telah direvisi oleh Anderson dan Krathwohl. Ranah afektif diukur melalui observasi sikap, minat, motivasi, dan nilai-nilai yang ditunjukkan peserta didik selama proses pembelajaran berlangsung, menggunakan lembar observasi atau skala sikap. Sementara itu, ranah psikomotorik diukur melalui unjuk kerja (*performance test*), demonstrasi, dan portofolio yang menggambarkan kemampuan peserta didik dalam menerapkan pengetahuan menjadi keterampilan nyata.

Selain itu, pengukuran hasil belajar dapat dilakukan dengan mengombinasikan asesmen formatif dan sumatif. Asesmen formatif digunakan selama proses pembelajaran berlangsung untuk memberikan umpan balik yang segera dan membantu peserta didik memperbaiki pemahamannya, sementara asesmen sumatif dilakukan pada akhir pembelajaran untuk menilai pencapaian akhir siswa terhadap kompetensi yang telah ditetapkan (Ismail et al., 2022). Kedua bentuk asesmen ini saling melengkapi, karena asesmen formatif berfungsi sebagai alat diagnosis proses belajar, sedangkan asesmen sumatif menjadi dasar pengambilan keputusan terhadap keberhasilan belajar.

Berdasarkan uraian di atas, cara pengukuran hasil belajar bukan hanya berfokus pada angka atau nilai akhir, melainkan pada pemahaman menyeluruh terhadap perkembangan kemampuan peserta didik. Cara mengukur hasil belajar ada dua yaitu asesmen formatif dan sumatif. Asesmen formatif dilakukan dengan tanya jawab, umpan balik penugasan di LKPD, dan diskusi, sedangkan untuk asesmen sumatif dilakukan dengan menggunakan tes pilihan majemuk sebanyak 49 butir soal.

2.1.3 Model *Discovery Learning* (DL) Berpendekatan SAVI

2.1.3.1 Pengertian Model *Discovery Learning* (DL)

Discovery learning pertama kali dikembangkan oleh Jerome S. Bruner, seorang ahli psikologi kognitif dari Amerika Serikat. Bruner memandang manusia sebagai pemroses, pemikir, pencipta informasi, dan dari pandangan inilah dasar pemikiran teori *discovery learning* lahir. Teori belajar Bruner (1961) berangkat dari dua asumsi utama: pertama, perolehan pengetahuan merupakan proses interaktif di mana individu terlibat aktif dengan lingkungannya. Kedua, pengetahuan dibentuk melalui proses menghubungkan informasi baru dengan

pengalaman sebelumnya sehingga menghasilkan struktur pengetahuan yang bermakna.

Menurut Bruner (1961), *discovery learning* adalah model pembelajaran yang meminta siswa agar mampu mengorganisasi permasalahan yang didapatkan secara mandiri. Secara lebih luas, model pembelajaran *discovery learning* dimaknai sebagai proses memahami konsep, arti, dan hubungan melalui proses intuitif untuk akhirnya sampai pada suatu kesimpulan, yang dilakukan melalui kegiatan observasi, klasifikasi, pengukuran, prediksi, penentuan, dan inferensi (Anggraini, 2020).

Menurut Bell (1978), *discovery learning* adalah belajar yang terjadi sebagai hasil dari siswa memanipulasi, membuat struktur, dan mentransformasi informasi sehingga menemukan informasi baru. Sementara itu, Hanafiah & Suhana (2009) menyatakan bahwa *discovery learning* adalah suatu rangkaian kegiatan pembelajaran yang melibatkan secara maksimal seluruh kemampuan peserta didik untuk mencari dan menyelidiki secara sistematis, kritis, dan logis, sehingga mereka bisa menemukan sendiri pengetahuan, sikap, dan keterampilan sebagai wujud adanya perubahan perilaku.

Menurut Hosnan (2014), *discovery learning* adalah suatu model untuk mengembangkan cara belajar aktif dengan menemukan sendiri dan menyelidiki sendiri, sehingga hasil yang diperoleh akan tahan lama dalam ingatan. Berdasarkan hal tersebut, *discovery learning* dapat dipahami sebagai proses pembelajaran yang disajikan melalui proses pengorganisasian pengetahuan yang dilakukan peserta didik secara mandiri, di mana *discovery* sendiri merupakan cara menemukan konsep melalui serangkaian data atau informasi yang diperoleh melalui pengamatan dan percobaan (Kurniasih & Sani, 2014; Sani, 2014).

Berdasarkan pemaparan para ahli dapat disimpulkan bahwa model *discovery learning* merupakan suatu model pembelajaran di mana siswa akan menemukan dan menyelidiki sendiri konsep pengetahuan yang akan dipelajari, kemudian mengkonstruksi pengetahuan itu untuk memahami maknanya, sehingga apa yang ditemukan oleh siswa akan bertahan lama dalam ingatan. Berdasarkan berbagai pandangan di atas, dapat disimpulkan bahwa *discovery learning* adalah model pembelajaran yang menempatkan siswa sebagai subjek aktif yang

membangun pengetahuannya sendiri melalui proses penemuan, penyelidikan, dan pengorganisasian informasi secara mandiri dengan bimbingan guru sebagai fasilitator.

2.1.3.2 Teori Pendukung Model *Discovery Learning* (DL)

Discovery learning sebagai sebuah model pembelajaran tidak berdiri sendiri, melainkan bertumpu pada sejumlah teori belajar yang saling melengkapi. Landasan utamanya adalah teori kognitif Jerome S. Bruner. Bruner (1961) menganggap belajar sebagai proses perkembangan kognitif yang terjadi di dalam diri peserta didik, melalui tiga proses kognitif, yaitu pemerolehan informasi baru, transformasi pengetahuan, dan evaluasi. Lebih lanjut, perkembangan kognitif seseorang dapat ditingkatkan melalui penyusunan dan penyajian materi pelajaran yang disesuaikan dengan tahap perkembangan peserta didik, sehingga pembelajaran yang efektif adalah pembelajaran yang mampu menghantarkan peserta didik untuk memahami konsep, makna, dan hubungan antarkonsep melalui proses intuitif hingga akhirnya mampu menarik kesimpulan secara mandiri (Bruner, 1961).

Teori pendukung berikutnya adalah teori konstruktivisme kognitif Jean Piaget. Teori konstruktivisme didefinisikan sebagai pembelajaran yang bersifat generatif, yaitu tindakan mencipta sesuatu makna dari apa yang dipelajari, di mana belajar dipahami sebagai kegiatan siswa untuk membangun atau menciptakan pengetahuan dengan memberi makna pada pengetahuannya sesuai dengan pengalamannya (Suryana et al., 2022). Piaget (1950) memandang konstruktivisme sebagai kerangka pemahaman tentang cara siswa menyesuaikan diri dan mengembangkan pengetahuan mereka, di mana teori konstruktivisme menempatkan siswa sebagai pusat pembelajaran yang aktif. Implikasi langsung teori Piaget terhadap *discovery learning* sangat nyata, sebab berdasarkan implikasi teori Piaget, peserta didik harus dapat difasilitasi untuk belajar secara mandiri melalui keadaan yang diciptakan oleh seorang pendidik, sehingga dalam belajar IPA disarankan menggunakan metode pembelajaran aktif yang berpusat pada siswa seperti *discovery learning* dan pembelajaran kontekstual (Kusmiati & Fauziati, 2024).

Teori belajar bermakna (*meaningful learning*) yang dikemukakan oleh David Paul Ausubel turut memperkuat landasan *discovery learning*. Pembelajaran bermakna, yaitu suatu proses yang dikaitkan dengan informasi baru pada konsep-konsep relevan yang terdapat pada struktur kognitif seseorang (Rahmah, 2018). Struktur kognitif meliputi fakta-fakta, konsep-konsep, dan generalisasi-generalisasi yang telah dipelajari dan diingat siswa. Ausubel et al. (1978) membedakan dua dimensi proses belajar yaitu belajar dengan menemukan dan belajar dengan menerima, pada proses belajar dengan menemukan, siswa akan mencari dan menemukan pengetahuan, sedangkan dalam proses belajar menerima, siswa akan menerima konsep, ide, atau materi pengetahuan dari guru.

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa *discovery learning* sebagai model pembelajaran memiliki landasan teoretis yang kokoh dan saling melengkapi dari tiga teori belajar utama. Pertama, teori kognitif menegaskan bahwa belajar merupakan proses kognitif aktif yang melibatkan pemerolehan informasi, transformasi pengetahuan, dan evaluasi, di mana peserta didik diarahkan untuk membangun pemahaman konsep secara intuitif dan menarik kesimpulan secara mandiri. Kedua, teori konstruktivisme kognitif memandang belajar sebagai tindakan generatif dalam mencipta makna dari pengalaman, yang menempatkan peserta didik sebagai pusat pembelajaran aktif. Ketiga, teori belajar bermakna (*meaningful learning*) memperkuat landasan tersebut dengan menekankan bahwa pengetahuan baru harus dikaitkan dengan struktur kognitif yang telah dimiliki peserta didik, dan bahwa dimensi belajar menemukan mendorong peserta didik untuk secara aktif mencari dan membangun pengetahuannya sendiri, bukan sekadar menerima dari guru.

2.1.3.3 Sintak Pembelajaran Model Model *Discovery Learning* (DL)

Setiap model pembelajaran memiliki tahapan-tahapan yang disebut sintak sebagai alur pelaksanaan pembelajaran di kelas. Sintak *discovery learning* adalah pedoman dalam menentukan langkah-langkah penerapan *discovery learning*, di mana sintak merupakan keseluruhan alur atau urutan kegiatan pembelajaran yang berisi petunjuk umum dalam menentukan jenis-jenis tindakan guru, urutannya, dan tugas-tugas untuk peserta didik (Utomo, 2020). Sintak penerapan model

discovery learning adalah *stimulation*, *problem statement*, *data collection*, *data processing*, *verification*, dan *generalization* (Syah, 2004).

1. Tahap *Stimulation* (Pemberian Rangsangan)

Tahap *stimulation*, siswa dihadapkan pada sesuatu yang menimbulkan kebingungannya, kemudian dilanjutkan untuk tidak memberi generalisasi, agar timbul keinginan untuk menyelidiki sendiri, dan pada langkah ini guru dapat memulai kegiatan pembelajaran dengan mengajukan pertanyaan, anjuran membaca buku, dan aktivitas belajar lainnya yang mengarah pada persiapan pemecahan masalah. *Stimulation* memberikan kondisi agar interaksi belajar berkembang dan membantu siswa dalam mengeksplorasi materi, di mana keterampilan berpikir kritis yang dapat dikembangkan selama fase *stimulation* adalah keterampilan untuk mengklasifikasikan masalah dan membuat kode terhadap masalah. Dengan demikian, tahap *stimulation* berfungsi sebagai pemantik awal yang mendorong siswa untuk aktif berpikir dan mempersiapkan diri sebelum masuk ke tahap penyelidikan lebih lanjut.

2. Tahap *Problem Statement* (Identifikasi Masalah)

Tahap *problem statement*, guru memberikan kesempatan kepada siswa untuk melakukan identifikasi terhadap masalah-masalah yang relevan dengan bahan pelajaran, kemudian salah satu masalah dipilih dan guru mendorong siswa untuk menemukan hipotesis atau jawaban sementara atas pertanyaan masalah yang telah dipilih.

3. Tahap *Data Collecting* (Pengumpulan Data)

Tahap *data collecting* atau pengumpulan data, siswa diberi kesempatan untuk mengumpulkan berbagai informasi yang relevan, membaca literatur, mengamati objek, melakukan wawancara, serta melakukan uji coba sendiri untuk menjawab pertanyaan dan membuktikan benar tidaknya hipotesis. Pada tahap ini, efek baiknya adalah siswa belajar secara aktif untuk menemukan sesuatu yang berhubungan dengan permasalahan yang dihadapi.

4. Tahap *Data Processing* (Pengolahan Data)

Tahap *data processing* atau pengolahan data merupakan kegiatan mengolah data dan informasi yang telah diperoleh para siswa baik melalui wawancara, observasi, dan sebagainya, lalu ditafsirkan, di mana semua informasi

dari hasil bacaan, wawancara, observasi, dan sebagainya diolah, diacak, diklasifikasikan, ditabulasi, bahkan bila perlu dihitung dengan cara tertentu serta ditafsirkan pada tingkat kepercayaan tertentu. Data *processing* disebut juga dengan pengkodean atau kategorisasi yang berfungsi sebagai pembentukan konsep dan generalisasi, sehingga dari generalisasi tersebut siswa akan mendapatkan pengetahuan baru tentang alternatif jawaban atau penyelesaian yang perlu mendapat pembuktian secara logis.

5. Tahap *Verification* (Pembuktian)

Tahap ini peserta didik melakukan pengkajian ulang secara cermat sebagai dasar untuk membuktikan benar atau tidaknya hipotesis yang telah ditetapkan dengan temuan alternatif, dihubungkan dengan hasil data *processing*, di mana *verification* bertujuan agar proses belajar mengajar dapat berjalan dengan baik dan kreatif seandainya pendidik memberikan kesempatan kepada siswa untuk menemukan suatu konsep, teori, aturan, atau pemahaman melalui contoh-contoh yang dijumpai dalam kehidupan peserta didik.

6. Tahap *Generalization* (Penarikan Kesimpulan)

Tahap *Generalization* merupakan proses menarik sebuah kesimpulan yang dapat dijadikan prinsip umum dan berlaku untuk semua kejadian atau masalah yang sama, dengan memperhatikan hasil verifikasi.

Berdasarkan uraian di atas, sintak pembelajaran model *discovery learning* terdiri dari enam tahapan, yaitu *stimulation*, *problem statement*, *data collecting*, *data processing*, *verification*, dan *generalization*.

2.1.3.4 Pendekatan SAVI (*Somatic, Auditory, Visual, Intellectual*) dalam DL

Pendekatan SAVI merupakan salah satu pendekatan pembelajaran inovatif yang dikembangkan oleh Dave Meier dalam bukunya *The Accelerated Learning Handbook*. Menurut Meier (2000), pendekatan *somatic, auditory, visual, intellectual* (SAVI) menggabungkan gerakan fisik dengan aktivitas intelektual dan penggunaan semua indera yang dapat berpengaruh besar dalam pembelajaran. Lebih lanjut, SAVI merupakan pendekatan yang memanfaatkan berbagai jenis stimulus atau pengalaman sensoris yang dapat membuat pembelajaran menjadi lebih menarik dan memotivasi.

SAVI terdiri dari empat komponen yang masing-masing merepresentasikan cara belajar yang berbeda namun saling melengkapi. Komponen pertama adalah *somatic*. *Somatic* berasal dari bahasa Yunani yang berarti tubuh, di mana belajar somatis berarti belajar dengan indera peraba, kinestetis, praktis melibatkan fisik dan menggunakan tubuh sewaktu belajar (Meier, 2000 p.92). Komponen kedua adalah *auditory*. *Auditory* berarti belajar dengan indera pendengaran, dimana telinga akan terus menerus menangkap dan menyimpan informasi bahkan tanpa kita sadari, dan belajar dengan *auditory* dapat menggunakan pengulangan dengan meminta siswa menyebutkan kembali konsep serta menggunakan variasi vokal berupa perubahan nada, kecepatan dan volume karena ketika berbicara maka beberapa bagian penting di otak akan menjadi aktif (Meier, 2000 p.92). Kedua komponen ini mendorong siswa untuk terlibat aktif secara fisik dan komunikatif selama proses pembelajaran berlangsung.

Komponen ketiga dalam SAVI adalah *visual*. Dalam konteks belajar visual, siswa didorong untuk mengamati demonstrasi, membaca diagram, grafik, dan berbagai representasi gambar yang mendukung pemahaman konsep (Meier, 2000 p.97). Adapun komponen keempat adalah *intellectual* yang merupakan puncak dari proses berpikir dalam SAVI (Meier, 2000 p.97). Komponen intelektual dalam model pembelajaran SAVI menjadikan siswa terlibat dalam aktivitas yang menuntut pemikiran tingkat tinggi seperti pemecahan masalah, diskusi kelompok, di mana hal ini bukan sekadar tentang pemahaman informasi tetapi juga tentang kemampuan mereka untuk menganalisis dan mengevaluasi.

Pendekatan SAVI memiliki keterkaitan yang sangat erat dengan model *discovery learning* sehingga keduanya dapat dipadukan secara sinergis dalam satu kesatuan pembelajaran. SAVI merupakan pendekatan yang menekankan bahwa belajar haruslah memanfaatkan semua alat indera yang dimiliki peserta didik, di mana dengan memanfaatkan semua alat indera, peserta didik akan lebih berperan aktif dan lebih mudah menangkap pelajaran (Meier, 2000). Keterkaitan ini tampak jelas pada sintak DL, misalnya pada tahap *stimulation*, komponen *visual* dan *auditory* yang berperan mendorong siswa mengamati dan mendiskusikan masalah, pada tahap data *collecting*, komponen *somatic* mendorong siswa melakukan percobaan dan pengamatan langsung, sedangkan pada tahap data

processing hingga *generalization*, komponen *intellectual* yang mendorong siswa berpikir dalam menganalisis dan menarik kesimpulan. Model *discovery learning* tidak hanya efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep IPA, tetapi juga dalam menciptakan lingkungan belajar yang interaktif dan menyenangkan, serta berpotensi meningkatkan motivasi peserta didik dan mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis yang sangat penting dalam pendidikan modern (Khoiriyah & Fatonah, 2024b).

Berdasarkan uraian di atas, perpaduan pendekatan SAVI dengan model *discovery learning* bukan sekedar kebetulan melainkan didasari oleh kesamaan prinsip yang mendasar. Jika keempat unsur SAVI ada dalam setiap pembelajaran, maka siswa dapat belajar secara optimal karena seluruh potensi indera dan kemampuan berpikirnya dilibatkan secara menyeluruh. Hal ini sejalan dengan hakikat *discovery learning* yang menempatkan siswa sebagai subjek aktif dalam proses penemuan pengetahuan. Dengan demikian, model *discovery learning* berpendekatan SAVI menjadi alternatif pembelajaran yang tidak hanya mengaktifkan proses kognitif siswa, tetapi juga melibatkan dimensi fisik, komunikatif, visual, dan intelektual secara utuh dalam setiap tahapan pembelajaran.

2.1.3.5 Keterampilan Proses Sains dalam Model *Discovery Learning* Berpendekatan SAVI

Tabel 2.1 Keterampilan Proses Sains dalam Model *Discovery Learning* Berpendekatan SAVI

No	Sintak <i>Discovery Learning</i>	Komponen SAVI	Indikator KPS yang Dilatih
1	<i>Stimulation</i>	<i>Visual, Auditory</i>	Mengamati
2	<i>Problem Statement</i>	<i>Intellectual</i>	Memprediksi
3	<i>Data Collecting</i>	<i>Somatic, Auditory</i>	Mengamati, Mengukur, Mengelompokkan
4	<i>Data Processing</i>	<i>Intellectual, Auditory</i>	Mengelompokkan, Menyimpulkan

5	<i>Verification</i>	<i>Auditory, Visual, Intellectual</i>	Menyimpulkan, Mengkomunikasikan
6	<i>Generalization</i>	<i>Intellectual, Auditory</i>	Menyimpulkan Mengkomunikasikan

2.1.3.6 Keunggulan Model *Discovery Learning* (DL)

Model *discovery learning* memiliki sejumlah keunggulan yang menjadikannya pilihan utama dalam pembelajaran modern, khususnya dalam mengaktifkan kemampuan kognitif siswa secara menyeluruh. Menurut Suherman et al., (2001), terdapat beberapa keunggulan model *discovery learning*, yaitu siswa aktif dalam kegiatan belajar karena berpikir dan menggunakan kemampuan untuk menemukan hasil akhir, siswa memahami benar bahan pelajarannya sebab mengalami sendiri proses menemukannya, sesuatu yang diperoleh dengan cara ini lebih lama untuk diingat, serta metode ini melatih siswa untuk lebih banyak belajar sendiri. Hal ini selaras dengan prinsip dasar pembelajaran abad 21 yang menuntut siswa tidak sekadar menerima pengetahuan, melainkan mampu membangun, menemukan, dan menggunakan pengetahuan secara aktif dan mandiri. *Discovery learning* membantu siswa memahami hubungan antara teori dan praktik melalui proses intuitif, membuat pembelajaran lebih relevan dengan kehidupan sehari-hari, serta mementingkan proses pemahaman dan perkembangan sikap maupun keterampilan sebagai wujud pembentukan perilaku yang diharapkan (Khoiriyah & Fatonah, 2024).

Salah satu keunggulan paling menonjol dari *discovery learning* adalah kemampuannya dalam memperkuat proses kognitif dan daya ingat jangka panjang siswa. Menurut Darmawan & Wahyudin (2018), kelebihan model *discovery learning* di antaranya adalah membantu siswa memperbaiki dan meningkatkan keterampilan serta proses kognitif untuk penemuan kunci keberhasilan belajarnya, membantu dan mengembangkan ingatan dan transfer kepada situasi proses belajar yang baru dengan bekal hasil temuan sebelumnya, serta mendorong siswa untuk selalu berpikir dan bekerja keras atas inisiatif sendiri. Hal ini diperkuat oleh pendapat Evayani (2020) yang menyatakan bahwa kelebihan model *discovery learning* yaitu pengetahuan bertahan lama dan mudah diingat, hasil belajar *discovery* mempunyai efek *transfer* yang lebih baik, meningkatkan penalaran

siswa dan kemampuan berpikir bebas, serta melatih keterampilan-keterampilan kognitif siswa untuk menemukan dan memecahkan masalah tanpa pertolongan orang lain. Pengetahuan yang ditemukan sendiri oleh siswa melalui proses kognitif akan masuk ke memori jangka panjang sehingga akan bertahan lama dalam ingatan mereka, dan pengetahuan yang dipelajari akan lebih mudah digunakan kembali.

Discovery learning juga unggul dalam menumbuhkan motivasi intrinsik dan rasa ingin tahu yang tinggi pada diri siswa. Menurut Kurniasih & Sani (2014), beberapa manfaat dari *discovery learning* adalah menimbulkan rasa senang pada siswa karena tumbuhnya rasa menyelidiki dan berhasil, siswa akan mengerti konsep dasar dan ide-ide lebih baik, serta siswa belajar memanfaatkan berbagai sumber belajar. Sejalan dengan itu, *discovery learning* memberi motivasi dan gairah dalam belajar pada peserta didik sehingga membuat peserta didik merasa perlu untuk belajar lebih giat lagi, serta memberi peluang agar dapat berkembang dan maju sesuai dengan kemampuan dan keinginan masing-masing peserta didik (Khasinah, 2021).

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa keunggulan model *discovery learning* terletak pada kemampuannya mengaktifkan siswa secara kognitif, afektif, dan motivasional secara bersamaan. Model ini tidak hanya melatih siswa untuk menemukan dan membangun pengetahuannya sendiri secara aktif dan mandiri, tetapi juga memperkuat daya ingat jangka panjang, meningkatkan kemampuan berpikir bebas, serta mendorong transfer pengetahuan ke situasi belajar yang baru. Dengan demikian, *discovery learning* bukan sekadar model pembelajaran yang berorientasi pada hasil kognitif semata, melainkan sebuah model yang secara menyeluruh menumbuhkan motivasi intrinsik, rasa ingin tahu, kemandirian belajar, serta kesiapan peserta didik untuk terus berkembang sesuai dengan kemampuan dan potensi masing-masing.

2.1.3.7 Kekurangan Model *Discovery Learning* (DL)

Di samping berbagai keunggulan yang dimilikinya, model *discovery learning* juga memiliki sejumlah kelemahan yang perlu dipahami dan diantisipasi oleh guru dalam pelaksanaannya. Kelemahan *discovery learning* di antaranya adalah membutuhkan waktu yang lebih lama, tidak efektif kepada sejumlah besar

peserta didik, adanya kesalahpahaman di antara guru dan pembelajaran, terdapat peserta didik yang tidak mampu melakukan penemuan, serta terdapat peserta didik yang berbincang dengan kawan lain dan berjalan di kelas (Sekarsari et al., 2023). Sejalan dengan hal tersebut, Khasinah (2021) menjelaskan beberapa kelemahan *discovery learning*, yaitu bila guru tidak menyiapkan kerangka kerja yang jelas maka peserta didik akan kesulitan menyelesaikan proses belajar, kurang efisien karena membutuhkan banyak waktu untuk menyelesaikan proses penemuan, serta bila tidak dikelola dengan baik akan membuat pembelajaran menjadi tidak terarah.

Kelemahan lainnya dari model *discovery learning* berkaitan dengan perbedaan kemampuan berpikir antarsiswa yang tidak dapat disamaratakan. Menurut Hosnan (2014 p.288), kelemahan dari model pembelajaran *discovery learning* yaitu akan ada kesalahpahaman antara guru dan peserta didik, karena tidak semua peserta didik memiliki kemampuan yang sama dalam melakukan penemuan dan dapat menyita waktu yang banyak. Sementara itu menurut Maslukah & Rosy (2020), kelemahan dari model pembelajaran *discovery learning* yaitu peserta didik tidak sama dalam memiliki kemampuan berpikir secara rasional sehingga membutuhkan waktu yang lama, serta menuntut kemandirian dan rasa percaya diri yang tidak semua siswa miliki.

Kelemahan lain yang perlu diwaspadai adalah tuntutan kesiapan mental siswa dan peran aktif guru sebagai fasilitator. *Discovery learning* akan memunculkan anggapan bahwa terdapat kesiapan mental untuk belajar, sehingga peserta didik yang kurang pandai akan merasa sulit berpikir dan melakukan hal lain yang berkaitan dengan pembelajaran, yang pada akhirnya dapat membuat mereka frustrasi (Sekarsari et al., 2023). Di sisi lain, bila guru tidak menyiapkan kerangka kerja yang jelas, maka peserta didik akan kesulitan menyelesaikan proses belajar, karena tanpa bimbingan yang memadai proses penemuan justru dapat berjalan tidak terarah dan tidak mencapai tujuan pembelajaran yang diharapkan (Khasinah, 2021). Dengan demikian, peran guru dalam *discovery learning* bukanlah pasif, melainkan justru menuntut keterampilan fasilitasi yang tinggi agar setiap siswa tetap terbimbing tanpa kehilangan otonomi dalam proses penemuannya.

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa model *discovery learning* meskipun kaya akan keunggulan, tetap menyimpan sejumlah tantangan yang tidak dapat diabaikan dalam pelaksanaannya di kelas. Kelemahan utamanya meliputi ketidakmerataan kemampuan berpikir antarsiswa, keterbatasan waktu, serta potensi terjadinya kesalahpahaman antara guru dan peserta didik yang dapat menghambat proses penemuan secara optimal. Oleh karena itu, keberhasilan penerapan *discovery learning* sangat bergantung pada kesiapan dan keterampilan guru dalam merancang kerangka kerja yang jelas, memberikan bimbingan yang memadai, serta menciptakan kondisi belajar yang kondusif agar seluruh peserta didik, tanpa terkecuali, dapat mengikuti proses penemuan secara terarah dan bermakna.

2.1.4 Deskripsi Materi dari Konsep Sistem Ekskresi

2.1.4.1 Ruang Lingkup Materi Sistem Ekskresi

Materi sistem ekskresi adalah materi yang membahas proses pengeluaran zat sisa metabolisme serta mekanisme organ-organ yang berperan dalam menjaga kestabilan kondisi internal tubuh (homeostasis) (Saputri et al., 2024). Materi sistem ekskresi mencakup pengertian sistem ekskresi, organ-organ ekskresi pada manusia (ginjal, paru-paru, kulit, dan hati), cara kerja tiap organ, dan kelainan/gangguan pada sistem ekskresi.

1. Pengertian Sistem Ekskresi

Ekskresi adalah proses membuang limbah dan kelebihan air dari tubuh. Ini adalah proses penting dalam semua makhluk hidup, dan merupakan salah satu cara utama tubuh manusia mempertahankan homeostasis. Selain itu, dapat membantu mencegah kerusakan pada tubuh. Limbah hasil metabolisme yaitu bahan yang sudah tidak diperlukan lagi oleh tubuh, apabila tidak dikeluarkan akan sangat berbahaya bagi tubuh. Limbah yang perlu dikeluarkan meliputi karbon dioksida (hasil respirasi seluler), amonia dan urea (hasil katabolisme protein), asam urat (hasil katabolisme asam nukleat), serta pigmen empedu seperti bilirubin (hasil perombakan hemoglobin) (Miller, 2020, p. 869).

Sistem ekskresi adalah komponen penting dari fisiologi manusia, bertanggung jawab untuk menyaring limbah metabolisme, mengatur keseimbangan cairan, dan menjaga keseimbangan elektrolit (Bansal & Kapoor,

2024, p. 91). Sistem ekskresi pada manusia tidak hanya melibatkan sistem urinaria. Sistem urinaria (ginjal-ureter-kandung kemih-uretra) berfokus pada pembentukan dan pengeluaran urin, sedangkan sistem ekskresi mencakup juga paru-paru, kulit, dan hati yang masing-masing mengeluarkan jenis zat sisa tertentu.

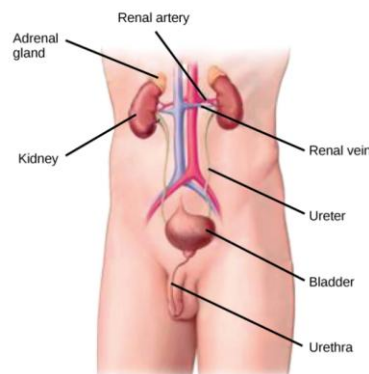
2. Organ-Organ Sistem Ekskresi dan Cara Kerja Setiap Organ

Sistem ekskresi pada manusia melibatkan beberapa jenis organ, diantaranya yaitu ginjal, paru-paru, kulit, dan hati. Keempat organ ini bekerja relatif mandiri sesuai dengan zat sisa yang dikeluarkan, namun hasil akhirnya sama yaitu membantu tubuh mengeluarkan zat sisa dan menjaga keseimbangan internal tubuh.

a. Ginjal

Pada manusia dewasa, ginjal umumnya memiliki ukuran panjang sekitar 11 cm, lebar 6 cm, dan tebal 3 cm dengan bentuk menyerupai kacang yang berpasangan elektrolit (Bansal & Kapoor, 2024, p. 91). Secara anatomi, kedua ginjal terletak tinggi di bagian belakang rongga perut tepatnya di bawah diafragma. Terdapat otot pernapasan besar yang memisahkan rongga perut dan toraks. Ginjal kanan sedikit lebih kecil dan lebih rendah dari ginjal kiri, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Ginjal kanan berada di belakang hati, dan ginjal kiri berada di belakang limpa. Ginjal kanan lebih kecil dan lebih rendah dari ginjal kiri karena disebabkan oleh adanya organ hati yang relatif berukuran besar di sisi kanan.

Secara fisiologis, ginjal sering dipandang sebagai organ utama sistem ekskresi karena berfungsi menyaring darah untuk mempertahankan homeostasis cairan tubuh dan mengeliminasi kelebihan air serta zat sisa metabolisme melalui pembentukan urin (Miller, 2020, p. 870).



Gambar 2.1. Struktur Organ Ginjal Keseluruhan

Sumber: Clark et al. (2018, p. 1215)

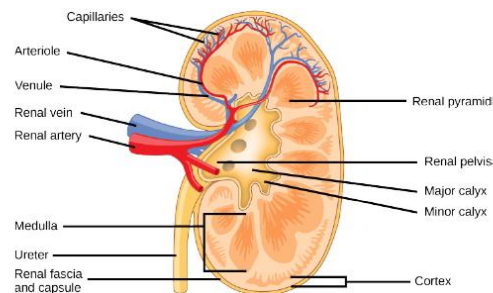
Secara eksternal, ginjal diselubungi oleh tiga lapisan, diilustrasikan pada Gambar 2.2. Lapisan terluar adalah lapisan jaringan ikat keras yang disebut fascia ginjal. Lapisan kedua disebut kapsul lemak perirenal, yang membantu menjangkar ginjal di tempatnya. Lapisan ketiga dan terdalam adalah kapsul ginjal (Clark et al., 2018, p. 1215).

Bentuk setiap ginjal memberikan sisi cembung (melengkung ke luar) dan sisi cekung (melengkung ke dalam). Sisi cekung adalah tempat arteri ginjal memasuki ginjal, serta di mana vena renalis dan ureter meninggalkan ginjal, area ginjal ini disebut thehilum (Miller, 2020, p. 879). Seluruh ginjal dikelilingi oleh jaringan berserat yang keras yang disebut kapsul ginjal yang, pada gilirannya, dikelilingi oleh dua lapisan lemak pelindung dan bantalan.

Secara internal, ginjal tersusun atas korteks (bagian luar), medula (bagian tengah), dan pelvis renalis (rongga penampung urin) yang berhubungan dengan hilum ginjal (Clark et al., 2018, p. 1215). Hilum adalah bagian cekung dari bentuk kacang dimana pembuluh darah dan saraf masuk dan keluar ginjal, serta merupakan titik keluar untuk ureter. Korteks ginjal berbentuk granular karena adanya nefron, yaitu unit fungsional utama ginjal. Medula tersusun atas massa jaringan berbentuk piramida (piramida renalis) yang dipisahkan oleh kolumna renalis, yaitu perpanjangan jaringan korteks yang menjadi jalur lintasan pembuluh darah.

Puncak piramida (papila renalis) mengarah ke pelvis renalis. Secara umum, terdapat sekitar delapan piramida di setiap ginjal. Satu piramida beserta jaringan korteks yang berdekatan disebut sebagai lobus ginjal. Pelvis renalis berlanjut menjadi ureter. Di bagian dalam ginjal, pelvis bercabang menjadi dua hingga tiga

kaliks mayor yang selanjutnya bercabang menjadi kaliks minor sebagai tempat penampungan urin dari papilla (Clark et al., 2018, p. 1216).



Gambar 2.2 Struktur Internal Ginjal

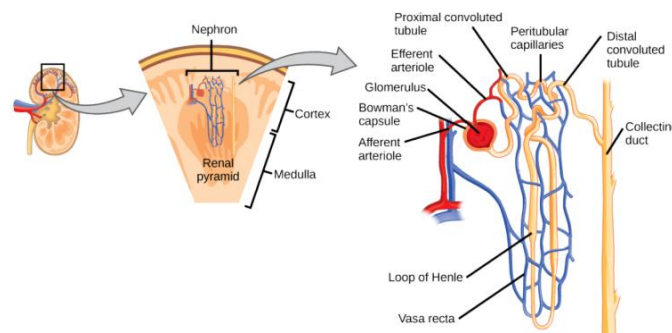
Sumber: Clark et al. (2018, p. 1216)

Ginjal merupakan bagian dari sistem urinaria yang meliputi ureter, kandung kemih, dan uretra. Ketiga organ ini bekerja berurutan untuk mengangkut, menyimpan, dan membuang urin dari tubuh. Berikut ini penjelasan lengkapnya menurut Bansal & Kapoor (2024):

1. Ureter adalah saluran muskular yang keluar dari ginjal dan bermuara ke kandung kemih, dengan panjang sekitar 25-30 cm pada manusia dewasa. Pergerakan urin di sepanjang ureter terutama didorong oleh kontraksi peristaltik otot polos pada dinding ureter. Ureter memasuki dinding kandung kemih melalui ostium ureter, konfigurasi dan sudut masuk ini membantu mencegah refluks urin ketika kandung kemih berkontraksi saat miksi.
2. Kandung kemih (vesika urinaria) adalah organ berongga berotot yang terletak di rongga panggul, di belakang simfisis pubis. Organ ini berfungsi sebagai reservoir sementara urin sebelum dikeluarkan. Dinding kandung kemih didominasi oleh otot detrusor, kontraksi otot ini saat miksi berperan mendorong urin keluar dari kandung kemih. Secara umum, kandung kemih dapat menampung sekitar 400-600 mL urin sebelum timbul dorongan berkemih, sedangkan kontinensia dipertahankan melalui koordinasi kerja sfingter uretra internal dan eksternal.
3. Uretra merupakan segmen terminal saluran kemih yang menyalurkan urin dari kandung kemih ke luar tubuh. Pada laki-laki, uretra relatif lebih panjang (sekitar 20 cm), melewati prostat dan penis, serta berperan ganda dalam sistem kemih dan reproduksi. Pada perempuan, uretra lebih pendek (sekitar 4 cm) dan terutama berfungsi untuk ekskresi urin.

Menyaring darah secara kontinu, jaringan pembuluh darah merupakan komponen penting dalam struktur dan fungsi ginjal. Arteri renalis, vena renalis, serta saraf yang memasok ginjal masuk dan keluar melalui hilum ginjal. Suplai darah ginjal berasal dari percabangan aorta menjadi arteri renalis, sedangkan drainase vena bermuara ke vena cava inferior melalui vena renalis.

Setelah memasuki ginjal, arteri renalis bercabang menjadi arteri segmental, kemudian menjadi arteri interlobar yang berjalan melalui kolumna renalis untuk memasok lobus ginjal. Pada perbatasan korteks dan medula, arteri interlobar membentuk arteri arkuata (*arcuate arteries*) yang melengkung mengikuti dasar piramida meduler. Arteri arkuata selanjutnya membentuk arteri radialis kortikal (*cortical radiate arteries*) yang memancar ke arah korteks dan bercabang menjadi arteriola aferen yang memasok kapiler glomerulus pada nefron. Sistem vena umumnya mengikuti jalur yang serupa dan memiliki penamaan yang sepadan, kecuali tidak dikenal adanya vena segmental.



Gambar 2.3 Struktur Nefron Ginjal

Sumber: Clark et al. (2018, p. 1217)

Unit struktural dan fungsional utama ginjal adalah nefron (ditunjukkan pada Gambar 2.3). Setiap ginjal umumnya tersusun atas lebih dari satu juta nefron yang mendominasi korteks dan memberi tampilan granular pada irisan ginjal. Berdasarkan lokasinya, nefron dibedakan menjadi nefron kortikal (sekitar 85%) yang berada lebih superfisial di korteks, serta nefron juxtameduler (sekitar 15%) yang terletak dekat batas korteks-medula (Urry et al., 2021, p. 986).

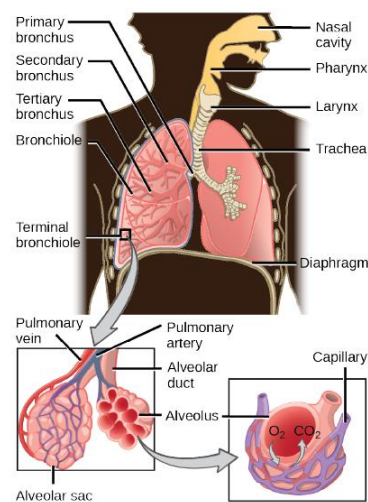
Secara umum, nefron terdiri atas korpuskulus ginjal, tubulus ginjal, dan jaringan kapiler yang berkaitan. Korpuskulus ginjal tersusun atas glomerulus (anyaman kapiler) dan kapsul Bowman yang menyelubungi glomerulus; pada bagian inilah proses filtrasi darah menghasilkan filtrat. Filtrat kemudian diproses di sepanjang tubulus ginjal yang meliputi tubulus kontortus proksimal, lengkung

Henle (tunggai turun dan naik), tubulus kontortus distal, serta duktus pengumpul. Pemrosesan filtrat berlangsung melalui reabsorpsi air, ion, dan nutrisi kembali ke sirkulasi, serta sekresi zat tertentu ke lumen tubulus hingga terbentuk urin (Clark et al., 2018, p. 1217).

Melalui produksi dan ekskresi urin, ginjal berperan penting dalam mempertahankan homeostasis tubuh. Ginjal mempertahankan volume cairan ekstraseluler keseimbangan elektrolit (termasuk garam) dan keseimbangan asam-basa (pH) dalam cairan tubuh. Selain itu, ginjal berfungsi sebagai organ endokrin yang melepaskan hormon ke dalam sirkulasi darah untuk membantu mengendalikan berbagai proses fisiologis (Miller, 2020, p. 871).

b. Paru-Paru

Paru-paru adalah bagian dari sistem pernapasan (ditunjukkan pada Gambar 2.4) dan merupakan salah satu organ ekskresi. Paru-paru bertanggung jawab atas pengeluaran limbah gas dari tubuh. Gas limbah utama yang diekskresikan oleh paru-paru adalah karbon dioksida dan uap air, yang merupakan produk limbah respirasi seluler dalam sel di seluruh tubuh (Miller, 2020, p. 870). Karbon dioksida difusi dari darah ke udara di kantung udara kecil yang disebut alveoli di paru-paru.



Gambar 2.4 Paru-Paru Manusia

Sumber: Clark et al. (2018, p. 1165)

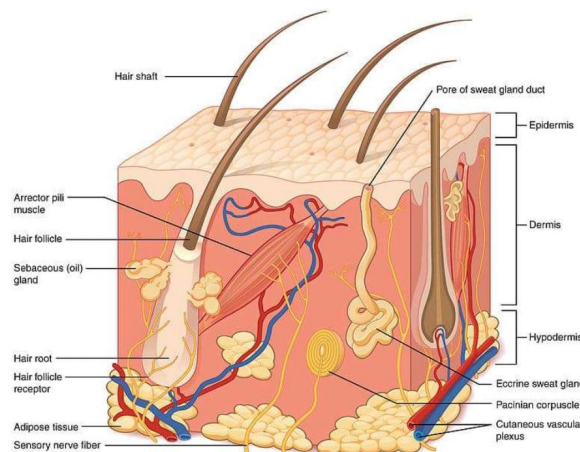
Dengan mengeluarkan karbon dioksida dari darah, paru-paru membantu mempertahankan homeostasis asam-basa. Faktanya, pH darahlah yang mengontrol laju pernapasan. Uap air juga diambil dari paru-paru dan organ lain

dari saluran pernapasan saat udara yang dihembuskan melewati lapisan lembabnya, dan uap air diekskresikan bersama dengan karbon dioksida.

c. Kulit

Kulit adalah organ terbesar pada tubuh, jumlahnya 10% dari berat tubuh manusia. Rata-rata inci persegi kulit memiliki 20 pembuluh darah, 650 kelenjar keringat, dan lebih dari 1.000 ujung saraf. Selain itu, kulit memiliki 60.000 sel penghasil pigmen. Semua struktur ini dikemas ke dalam tumpukan sel yang hanya setebal 2 mm (Miller, 2020, p. 571).

Kulit memiliki banyak peran dalam tubuh salah satunya terkait dengan homeostasis. Fungsi utama kulit adalah mencegah kehilangan air dari tubuh dan berfungsi sebagai penghalang masuknya mikroorganisme. Fungsi lain dari kulit adalah mensintesis vitamin D, yang terjadi ketika kulit terkena sinar ultraviolet (UV). Melanin epidermis menghalangi sebagian sinar UV dan melindungi dermis dari efek merusak. Fungsi penting lainnya dari kulit adalah membantu mengatur suhu tubuh. Ketika tubuh terlalu hangat, misalnya, kulit menurunkan suhu tubuh dengan menghasilkan keringat, yang mendinginkan tubuh saat menguap. Kulit juga meningkatkan jumlah darah yang mengalir di dekat permukaan tubuh melalui vasodilatasi (pelebaran pembuluh darah), membawa panas dari inti tubuh untuk memancar ke lingkungan.



Gambar 2.5 Struktur Kulit

Sumber: Bansal & Kapoor (2024, p. 55)

Meskipun begitu kulit terdiri dari dua lapisan yang berbeda yaitu epidermis dan dermis, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5. Lapisan luar kulit disebut dengan epidermis. Lapisan ini lebih tipis dari lapisan dalam (dermis).

Epidermis terutama terdiri dari sel-sel epitel, yang disebut keratinosit, yang menghasilkan protein keratin yang keras dan berserat. Sel-sel terdalam epidermis adalah sel punca yang membelah terus menerus untuk membentuk sel baru. Sel-sel yang baru terbentuk bergerak naik melalui epidermis menuju permukaan kulit, sambil menghasilkan lebih banyak keratin. Sel-sel menjadi terisi dengan keratin dan mati pada saat mereka mencapai permukaan, di mana mereka membentuk lapisan pelindung dan tahan air. Saat sel-sel mati ditumpahkan dari permukaan kulit, mereka digantikan oleh sel-sel lain yang bergerak ke atas dari bawah. Epidermis juga mengandung melanosit, sel-sel yang menghasilkan pigmen coklat melanin, yang memberikan sebagian besar warna pada kulit. Meskipun epidermis mengandung beberapa sel reseptor sensorik yang disebut sel Merkel. Merkel tidak mengandung saraf, pembuluh darah, atau struktur lainnya.

Epidermis memberikan perlindungan pada jaringan di bawahnya dari kerusakan fisik, patogen, dan sinar UV. Sebagian besar perlindungan fisik epidermis disediakan oleh lapisan luarnya yang keras, stratum korneum. Karena lapisan ini, goresan dan goresan kecil umumnya tidak menyebabkan kerusakan yang signifikan pada kulit atau jaringan di bawahnya. Benda tajam dan permukaan kasar mengalami kesulitan menembus atau mengeluarkan sel-sel yang keras, mati, berisi keratin stratum korneum. Jika sel-sel dalam lapisan ini ditusuk atau dikikis, mereka dengan cepat digantikan oleh sel-sel baru yang bergerak ke permukaan dari lapisan kulit bawah.

Dermis adalah lapisan dalam kulit yang lebih tebal terdiri dari jaringan ikat yang keras, dan melekat pada epidermis oleh serat kolagen. Dermis mengandung banyak struktur (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5), termasuk pembuluh darah, kelenjar keringat, dan folikel rambut, yang merupakan struktur tempat rambut berasal (Miller, 2020, p. 587). Selain itu, dermis mengandung banyak reseptor sensorik, saraf, dan kelenjar minyak.

Fungsi utama dermis adalah mengatur suhu tubuh, memungkinkan indera perauhan, dan menghilangkan limbah dari tubuh. Beberapa struktur di lapisan retikular dermis terlibat dalam mengatur suhu tubuh. Misalnya, ketika suhu tubuh naik, hipotalamus otak mengirimkan sinyal saraf ke kelenjar keringat, menyebabkan mereka melepaskan keringat. Orang dewasa dapat berkeringat

hingga empat liter per jam. Saat keringat menguap dari permukaan tubuh, ia menggunakan energi dalam bentuk panas tubuh, sehingga mendinginkan tubuh. Hipotalamus juga menyebabkan pelebaran pembuluh darah di dermis ketika suhu tubuh naik. Hal ini memungkinkan lebih banyak darah mengalir melalui kulit, membawa panas tubuh ke permukaan, di mana ia dapat memancar ke lingkungan. Ketika tubuh terlalu dingin, kelenjar keringat berhenti memproduksi keringat, dan pembuluh darah di kulit menyempit, sehingga menghemat panas tubuh. Otot pili arrector juga berkontraksi, menggerakkan folikel rambut dan mengangkat batang rambut. Hal ini mengakibatkan lebih banyak udara yang terperangkap di bawah rambut untuk mengisolasi permukaan kulit. Kontraksi otot pili arrector ini adalah penyebab merinding.

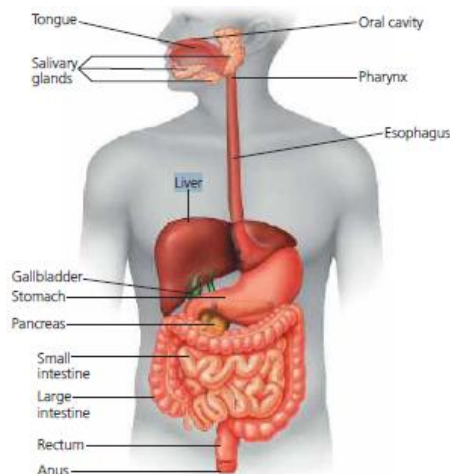
Fungsi kulit sebagai organ ekskresi yaitu kulit mampu mempertahankan suhu tubuh. Keringat yang dikeluarkan oleh kelenjar keringat ekrin adalah salah satu cara tubuh mengeluarkan produk limbah. Keringat mengandung kelebihan air, garam (elektrolit), dan produk limbah lainnya yang harus dibuang tubuh untuk menjaga homeostasis. Elektrolit yang paling umum dalam keringat adalah natrium dan klorida. Elektrolit kalium, kalsium, dan magnesium juga dapat diekskresikan dalam keringat. Ketika elektrolit ini mencapai tingkat tinggi dalam darah, lebih banyak yang diekskresikan dalam keringat (Miller, 2020, p. 588). Ini membantu mengembalikan kadar darah ke keseimbangan. Selain elektrolit, keringat mengandung sejumlah kecil produk limbah dari metabolisme, termasuk amonia dan urea. Keringat juga dapat mengandung alkohol pada seseorang yang telah minum minuman beralkohol.

d. Hati

Hati adalah organ internal terbesar pada manusia dan memainkan peran yang sangat penting dalam pencernaan, metabolisme dan pemeliharaan homeostasis internal. Secara fisiologis hati terlibat dalam pemrosesan vitamin dan lemak serta mensintesis banyak protein plasma yang diperlukan untuk fungsi sirkulasi dan keseimbangan tubuh (Clark et al., 2018, p. 996).

Hati berfungsi untuk memproduksi dan mengeluarkan cairan yang disebut empedu. Empedu memecah gumpalan besar lipid menjadi gumpalan yang lebih kecil sehingga lebih mudah dicerna secara kimiawi oleh enzim. Empedu juga

dibutuhkan untuk enurunkan keasaman kimus yang masuk ke duodenum dari lambung, sehingga kondisi lumen usus halus menjadi lebih sesuai untuk aktivitas enzim (Miller, 2020, p. 819). Empedu yang dihasilkan hati disimpan dalam kantung empedu dan memekatkan garam empedu. Ketika kimus yang mengandung asam lemak memasuki duodenum, empedu dikeluarkan dari kantung empedu ke duodenum sesuai kebutuhan pencernaan setelah makan.



Gambar 2.6 Organ Hati Merupakan Sistem Ekskresi

Sumber: Urry et al. (2021, p. 906)

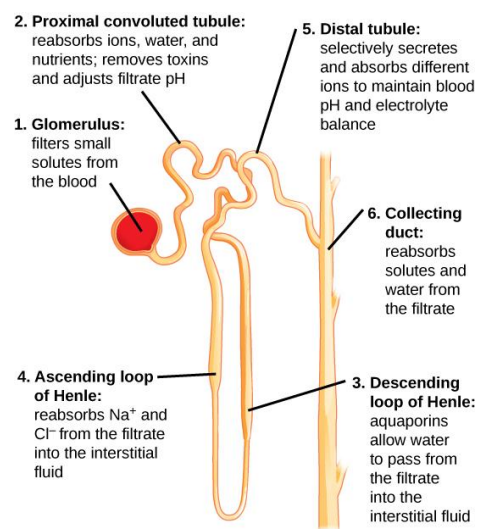
Disamping perannya dalam pencernaan, hati adalah organ ekskresi yang sangat penting karena melakukan detoksifikasi dan membuang zat sisa tertentu melalui empedu. Hati mengubah amonia (hasil katabolisme protein yang bersifat toksik) menjadi urea, yang kemudian disaring dari darah oleh ginjal dan diekskresikan dalam urin (Miller, 2020, p. 870). Hati juga mengeluarkan bilirubin (pigmen empedu dari perombakan hemoglobin saat penghancuran eritrosit yang telah tua) ke dalam empedu dan selanjutnya menuju saluran pencernaan. Pigmen empedu tersebut pada akhirnya dikeluarkan dari tubuh bersama feses, sehingga proses pembentukan empedu berkaitan erat dengan fungsi hati dalam daur ulang komponen darah dan pembuangan residu metabolik.

3. Proses Pembentukan Urin

Pembentukan urin melibatkan proses rumit di dalam nefron ginjal, yang bertujuan untuk menyaring darah, menyerap kembali zat penting, dan mengeluarkan produk limbah (Bansal & Kapoor, 2024, p. 94). Ini memastikan tubuh menjaga keseimbangan cairan yang tepat dan menghilangkan limbah metabolisme secara efisien. Proses pembentukan urin terdiri dari 3 proses utama

yaitu filtrasi glomerulus, reabsorpsi tubular, dan augmentasi (sekresi tubular). Proses pembentukan urin ini terjadi di nefron.

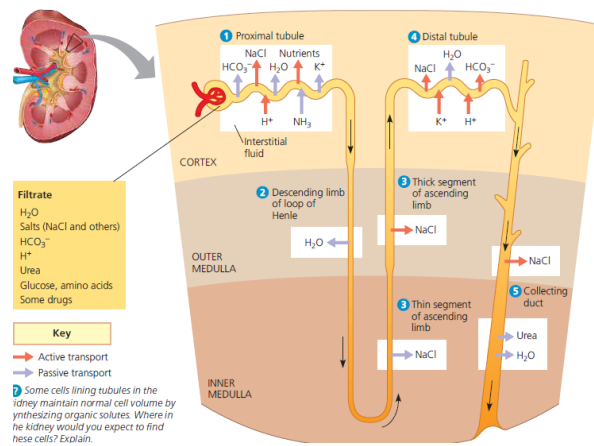
Gambar 2.7 memperlihatkan struktur kompleks nefron. Nefron adalah unit struktural dan fungsional ginjal. Setiap ginjal manusia umumnya mengandung sekitar satu juta nefron yang bekerja kontinu untuk menyaring darah, mengembalikan zat yang masih diperlukan tubuh, dan mengeluarkan sisa metabolisme dalam bentuk urin (Miller, 2020, p. 880). Sebagian besar zat sisa nitrogen yang diekskresikan melalui urin berasal dari metabolisme, terutama urea (hasil katabolisme protein) dan asam urat (hasil katabolisme asam nukleat).



Gambar 2.7 Proses Pembentukan Urin

Sumber: Clark et al. (2018, p. 1218)

Pada kondisi normal sekitar 1.600 L darah melewati sepasang ginjal per hari dan menghasilkan sekitar 180L filtrat awal. Selama proses pemrosesan di tubulus, sekitar 99% air dan hampir seluruh gula, asam amino, vitamin, serta nutrien organik direabsorpsi kembali ke darah, sehingga volume urin akhir yang menuju kandung kemih rata-rata sekitar 1,5 L per hari (Urry et al., 2021, p. 987).



Gambar 2.8 Nefron dan Saluran Pengumpul: Fungsi Regional Transportepitelium
 Sumber: Urry et al. (2021, p. 988)

Proses pembentukan urin dibagi menjadi 3 tahap yaitu filtrasi, reabsorpsi, dan sekresi tubular (augmentasi) seperti yang akan dijelaskan di bawah ini (Bansal & Kapoor, 2024):

1) Filtrasi

Filtrasi dimulai ketika darah bertekanan relatif tinggi mengalir melalui kapiler glomerulus. Tekanan hidrostatik mendorong air dan zat terlarut berukuran kecil menembus membran filtrasi menuju ruang kapsula Bowman, sedangkan sel darah dan sebagian besar protein plasma tertahan di dalam kapiler. Filtrat, yang berasal dari plasma, mengandung air, elektrolit, glukosa, asam amino, dan limbah nitrogen (misalnya, urea, kreatinin). Protein besar seperti albumin terlalu besar untuk dilewati dan tetap berada di aliran darah.

Membran filtrasi terdiri dari sel endotel kapiler glomerulus yang berfenestra, membran basal, dan celah filtrasi di antara podocytes. Susunan ini memungkinkan terbentuknya filtrat yang komposisinya mirip dengan plasma darah tetapi hampir tanpa protein. Susunan ini memungkinkan terbentuknya filtrat yang komposisinya mirip plasma tetapi hampir tanpa protein. Laju filtrasi glomerulus (glomerular filtration rate/GFR) menyatakan volume filtrat yang dibentuk per menit dan digunakan sebagai indikator penting fungsi ginjal. GFR dipertahankan relatif stabil melalui mekanisme autoregulasi ginjal meskipun terjadi perubahan tekanan darah sistemik.

2) Reabsorpsi

Reabsorpsi tubular adalah proses pengambilan kembali zat yang masih dibutuhkan tubuh dari filtrat ke dalam darah pada kapiler peritubular. Reabsorpsi terjadi terutama pada tubulus kontortus proksimal, dan berlanjut pada lengkung Henle, tubulus kontortus distal, serta duktus kolektivus.

Sebagian besar natrium (Na^+) diserap kembali melalui transport aktif; perpindahan Na^+ ini diikuti pergerakan air secara osmotik sehingga volume filtrat berkurang. Reabsorpsi air juga difasilitasi oleh keberadaan akuaporin pada epitel tubulus. Di lengkung Henle, permeabilitas membran berbeda antara lengan desenden (lebih permeabel terhadap air) dan lengan asenden (lebih permeabel terhadap ion), sehingga terbentuk mekanisme pengganda arus balik yang membantu pemekatan atau pengenceran urin. Laju reabsorpsi di segmen distal dan duktus kolektivus diatur oleh hormon, terutama hormon antidiuretik (ADH) dan aldosteron, sehingga ginjal dapat menyesuaikan ekskresi air dan elektrolit sesuai kebutuhan homeostasis tubuh.

3) Sekresi Tubular (Augmentasi)

Sekresi tubular (augmentasi) merupakan pemindahan zat dari darah pada kapiler peritubular ke dalam lumen tubulus. Proses ini melengkapi filtrasi untuk memastikan zat tertentu yang tidak tersaring secara memadai tetap dapat dikeluarkan melalui urin, sekaligus berperan dalam pengaturan keseimbangan asam-basa. mengeluarkan ion hidrogen dan menyerap kembali ion bikarbonat.

Sekresi terjadi terutama pada tubulus kontortus proksimal serta segmen distal dan duktus kolektivus, misalnya untuk ion hidrogen (H^+), ion kalium (K^+), amonia, metabolit obat, dan senyawa asing (xenobiotik). Melalui sekresi H^+ dan reabsorpsi bikarbonat (HCO_3^-), ginjal mempertahankan pH darah dalam rentang normal (ditunjukkan pada Gambar 2.8).

Secara keseluruhan, ginjal menyaring darah pada glomerulus, memodifikasi filtrat melalui reabsorpsi dan sekresi di sepanjang tubulus, lalu menyalurkan urin akhir ke duktus kolektivus. Kombinasi struktur

nefron, sirkulasi ginjal, serta regulasi hormonal memungkinkan ginjal menjalankan fungsi ekskresi dan homeostasis secara efisien.

kemampuan ginjal memekatkan atau mengencerkan urin sangat bergantung pada permeabilitas duktus pengumpul. Ketika tubuh menghemat air, kanal air (aquaporin) pada duktus pengumpul memungkinkan air keluar melalui osmosis; epitel tetap relatif impermeabel terhadap garam dan (di korteks) urea, namun di medula dalam menjadi permeabel terhadap urea sehingga urea turut meningkatkan osmolaritas interstisium medulla (Urry et al., 2021, p. 989). Sebaliknya, saat membentuk urin encer, duktus pengumpul menyerap garam secara aktif tanpa diikuti reabsorpsi air karena aquaporin tidak tersedia; keberadaan kanal air tersebut dikontrol oleh hormon yang mengatur tekanan darah, volume, dan osmolaritas.

4. Kelainan/Gangguan Sistem Ekskresi

a. Gagal Ginjal

Nefropati diabetik dan PKD (*Polycystic Kidney Disease*) dapat menyebabkan gagal ginjal (diklasifikasikan sebagai penyakit ginjal stadium akhir), di mana ginjal tidak lagi mampu menyaring limbah metabolisme dari darah secara memadai (Miller, 2020, p. 893). Tekanan darah tinggi jangka panjang dan tidak terkontrol adalah penyebab umum gagal ginjal. Gejala gagal ginjal lainnya mungkin termasuk mual, lebih banyak atau lebih jarang buang air kecil, darah dalam urin, kram otot, anemia, pembengkakan ekstremitas, dan sesak napas karena akumulasi cairan di paru-paru. Jika fungsi ginjal turun di bawah tingkat yang dibutuhkan untuk mempertahankan kehidupan, maka satu-satunya pilihan pengobatan adalah transplantasi ginjal atau beberapa cara penyaringan darah buatan, seperti hemodialisis. Hemodialisis adalah prosedur medis di mana darah disaring secara eksternal melalui mesin. Selama dialisis, produk limbah (seperti urea) dihilangkan (bersama dengan kelebihan air) dari darah pasien sebelum darah dikembalikan ke pasien. Hemodialisis biasanya dilakukan secara rawat jalan di rumah sakit atau klinik dialisis khusus. Lebih jarang, itu dilakukan di

rumah pasien. Tergantung pada ukuran pasien, di antara faktor-faktor lainnya, darah disaring selama tiga hingga empat jam kira-kira tiga kali seminggu.

b. Batu Ginjal

Batu ginjal juga dikenal sebagai kalkulus ginjal, adalah kristal padat yang terbentuk di ginjal dari mineral dalam urin. Mayoritas batu ginjal terdiri dari kristal garam kalsium. Batu ginjal biasanya meninggalkan tubuh dalam aliran urin. Sebuah batu kecil mungkin tidak terdeteksi, Karena dapat melewati ureter dan organ saluran kemih lainnya tanpa menimbulkan gejala. Batu yang lebih besar dapat menyebabkan rasa sakit saat melewati saluran kemih. Jika batu ginjal tumbuh cukup besar, itu dapat menyumbat ureter. Penyumbatan ureter dapat menyebabkan penurunan fungsi ginjal dan kerusakan ginjal (Miller, 2020, p. 893).

Batu ginjal yang menyebabkan rasa sakit umumnya diobati dengan obat penghilang rasa sakit, seperti opiat, sampai melewati saluran kemih. Batu yang menyebabkan penyumbatan dapat diobati dengan lithotripsy. Lithotripsy adalah prosedur medis di mana pulsa ultrasound intensitas tinggi diterapkan secara eksternal untuk menyebabkan fragmentasi batu menjadi potongan-potongan yang cukup kecil untuk melewati saluran kemih dengan mudah. Meskipun lithotripsy bersifat noninvasif, dapat menyebabkan kerusakan pada ginjal. Pengobatan alternatif untuk batu yang menghalangi aliran urin adalah dengan memasukkan stent ke dalam ureter untuk mengembangkannya dan membiarkan urin dan batu lewat. Dalam beberapa kasus, pembedahan mungkin diperlukan untuk mengangkat batu besar secara fisik dari ureter. Dalam kasus kecil, terkadang minum cuka sari apel atau jus lemon dapat memecah batu ginjal kecil karena asam sitrat yang dikabur makanan ini. Kombinasi gaya hidup dan faktor genetik tampaknya membuat orang-orang tertentu rentan untuk mengidap batu ginjal. Faktor risiko termasuk konsumsi minuman ringan cola yang tinggi, makan makanan tinggi protein hewani, kelebihan berat badan, dan tidak minum air putih yang cukup. Tindakan pencegahan sudah jelas. Mereka termasuk membatasi konsumsi cola dan meningkatkan asupan cairan.

c. Infeksi Kandung Kemih

Infeksi kandung kemih, juga disebut sistitis, adalah infeksi saluran kemih yang disebabkan oleh bakteri (biasanya *E. coli*) (Miller, 2020, p. 893). Gejala infeksi kandung kemih yaitu rasa sakit saat buang air kecil, sering buang air kecil, dan merasa perlu buang air kecil meskipun kandung kemih kosong. Faktor risiko infeksi kandung kemih termasuk hubungan seksual, diabetes, dan obesitas. Infeksi kandung kemih empat kali lebih sering terjadi pada wanita daripada pria.

d. Ikterus

Pigmen empedu (*bile pigments*) dari perombakan sel darah merah normalnya dieliminasi bersama feses. Pada beberapa gangguan hati maupun gangguan darah, pigmen empedu dapat terakumulasi di kulit sehingga menimbulkan pewarnaan kuning yang dikenal sebagai jaundice/ikterus (Urry et al., 2021, p. 909). Pada beberapa gangguan hati dan darah, pigmen empedu menumpuk di kulit, yang mengakibatkan penguningan yang disebut penyakit kuning.

e. Asma

Asma adalah saluran napas menyempit sehingga sulit bernapas; ini dapat mengganggu pertukaran gas termasuk pelepasan CO₂. Peradangan & hiperreaktivitas saluran napas; pencetus umum: alergen (debu, serbuk sari), asap rokok/polusi, infeksi, aktivitas fisik, udara dingin, stress (Clark et al., 2018, p. 1197).

f. Silikosis (*Silicosis*)

Silikosis adalah penyakit paru-paru yang melumpuhkan dan tidak dapat disembuhkan. Penyakit ini dipicu oleh menghirup partikel (mis. silikon dioksida/coal dust) dalam jangka lama hingga terbentuk jaringan parut yang menghambat pertukaran gas (Urry et al., 2021, p. 943).

g. Emfisema (*Emphysema*)

Emfisema merupakan penyakit paru obstruktif yang umumnya disebabkan oleh kebiasaan merokok dan ditandai dengan kerusakan dinding alveolus sehingga luas permukaan untuk pertukaran gas menurun (Clark et al., 2018, p. 1177). Kerusakan serat elastis pada paru-paru menyebabkan

berkurangnya daya elastis (*elastic recoil*) sehingga udara terperangkap di dalam paru-paru setelah ekshalasi, yang pada akhirnya mengganggu proses pengeluaran karbon dioksida sebagai bagian dari fungsi ekskresi sistem pernapasan. Peningkatan resistensi saluran napas juga menyebabkan kesulitan bernapas karena udara tidak dapat dikeluarkan secara optimal. Diagnosis gangguan ini dapat dilakukan melalui pemeriksaan spirometri dengan mengukur rasio *forced expiratory volume* (FEV1) terhadap *forced vital capacity* (FVC), yang membantu mengidentifikasi adanya hambatan aliran udara pada penyakit paru seperti emfisema. Kondisi ini sering ditangani oleh terapis pernapasan sebagai bagian dari tim medis dalam mengelola penyakit paru kronis, termasuk *chronic obstructive pulmonary disease* (COPD) (Clark et al., 2018, p. 1170).

h. Demam

Demam sering menyertai infeksi saat “*thermostat*” hipotalamus menaikkan titik setel (set point) sehingga rentang suhu normal bergeser lebih tinggi (Urry et al., 2021, p. 888). Dalam respons pengaturan suhu (termasuk fase pendinginan), tubuh mengaktifkan mekanisme seperti pelebaran pembuluh darah kulit dan sekresi keringat oleh kelenjar keringat (kulit berperan langsung lewat keringat).

i. Hepatitis

Hepatitis merupakan peradangan pada hati yang disebabkan oleh infeksi virus dan secara langsung menyerang sel-sel hati sebagai organ penting dalam sistem ekskresi manusia (Clark et al., 2018, p. 138). Virus hepatitis dapat berupa virus DNA maupun RNA; hepatitis A dan hepatitis B termasuk penyakit yang disebabkan oleh virus DNA, sedangkan hepatitis C disebabkan oleh virus RNA yang memiliki tingkat mutasi tinggi sehingga lebih mudah beradaptasi di dalam tubuh inang (Clark et al., 2018, p. 540). Infeksi hepatitis C berkembang di dalam sel hati dan sering menimbulkan kerusakan hati dalam tingkat rendah sehingga penderitanya kerap tidak menyadari infeksi yang terjadi; kondisi ini dapat berkembang menjadi infeksi kronis karena virus mampu bertahan lama di dalam tubuh (Clark et al., 2018, p. 550). Infeksi kronis pada hati meningkatkan risiko terjadinya kanker hati

dalam jangka panjang, bahkan hingga puluhan tahun setelah infeksi awal, karena virus tertentu bersifat onkogenik dan dapat mengganggu regulasi siklus sel inang. Secara umum, infeksi virus pada manusia dapat bersifat akut maupun kronis, dan pada kasus hepatitis C, infeksi persisten berkontribusi terhadap kerusakan hati yang berkelanjutan.

j. Tuberculosis (TBC)

Tuberkulosis paru merupakan penyakit infeksi bakteri yang disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis* dan terutama menyerang sistem pernapasan manusia. Bakteri ini diidentifikasi melalui teknik kultur murni yang dikembangkan oleh Robert Koch, yang juga merumuskan postulat untuk menentukan hubungan antara mikroorganisme dan penyakit tertentu (Clark et al., 2018, p. 570). Meskipun pernah terkendali di beberapa wilayah, tuberkulosis tidak pernah sepenuhnya diberantas dan kembali meningkat terutama di daerah dengan populasi padat dan individu dengan sistem imun lemah (Clark et al., 2018, p. 587). Setelah menginfeksi paru-paru, *M. tuberculosis* mampu bertahan dan berkembang biak di dalam makrofag, sehingga memicu respons imun seluler tipe TH1 yang merangsang peradangan guna menghancurkan bakteri intraseluler tersebut (Clark et al., 2018, p. 1243). Respons imun ini juga menjadi dasar uji kulit tuberkulosis, yang menimbulkan reaksi inflamasi tertunda pada individu yang pernah terpapar bakteri tersebut (Clark et al., 2018, p. 1258). Gangguan pada paru-paru akibat infeksi ini dapat menghambat proses pertukaran gas, termasuk pengeluaran karbon dioksida sebagai bagian dari fungsi ekskresi sistem pernapasan.

2.2 Penelitian yang Relevan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Widiana et al., (2025), dengan materi IPAS, kelas V SD Negeri 1 Kalibagor, diperoleh hasil bahwa keterampilan proses sains meningkat secara signifikan melalui penerapan model *discovery learning* berbasis pembelajaran berdiferensiasi. Rata-rata persentase keterampilan proses sains pada siklus I mencapai 76,58%, meningkat pada siklus II menjadi 84,99%, dan terus meningkat pada siklus III menjadi 91,16%. Penelitian lain yang dilakukan oleh Purwanti & Rohmah (2024) pada peserta didik kelas VII B SMP

Negeri 2 Pringapus yang berjumlah 34 siswa menunjukkan bahwa penerapan model *discovery learning* pada materi zat dan perubahannya mampu meningkatkan keterampilan proses sains secara bertahap. Keterampilan proses sains meningkat dari 47,1% sebelum siklus I, menjadi 73,5% pada akhir siklus I, dan mencapai 88,24% pada akhir siklus II. Selain itu, hasil belajar siswa juga meningkat sebesar 20,5% dengan respons siswa terhadap pembelajaran yang cukup tinggi, yaitu 86,76%. Temuan serupa juga diperoleh oleh Yulianti & Susianna (2023) pada 29 siswa kelas I F SD XYZ Tangerang membuktikan bahwa penerapan model pembelajaran *discovery learning* secara signifikan meningkatkan keterampilan proses sains siswa. Rata-rata skor keterampilan proses sains pada siklus I sebesar 54,60, meningkat menjadi 79,60 pada siklus II, dan mencapai 87,64 pada siklus III. Selain keterampilan proses sains, berpikir kritis siswa juga meningkat dari 63,51 pada siklus I menjadi 85,63 pada siklus III, dan percaya diri dari 59,77 menjadi 82,18.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Norita, (2022), pada siswa kelas VIII E SMP Negeri 12 Kota Bengkulu tahun pelajaran 2021/2022 yang berjumlah 38 siswa, diperoleh hasil bahwa penerapan model pembelajaran *discovery learning* pada pembelajaran IPA mampu meningkatkan aktivitas dan hasil belajar siswa. Rata-rata skor aktivitas siswa pada siklus I sebesar 45 dengan kriteria cukup, kemudian meningkat menjadi 65,5 pada siklus II dengan kriteria baik. Penelitian lain yang dilakukan oleh Tsaqofah (2025) pada siswa kelas VIII.8 SMP Negeri 10 Padang tahun pelajaran 2024/2025 materi bioteknologi menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar yang signifikan setelah diterapkan model *discovery learning*. Ketuntasan belajar siswa meningkat dari 33,33% pada pra-siklus menjadi 43,33% pada siklus I, dan terus meningkat secara tajam pada siklus II. Temuan serupa juga diperoleh oleh Novita et al., (2019) yang meneliti peningkatan aktivitas dan hasil belajar materi IPA melalui model *discovery learning* dengan pendekatan saintifik pada peserta didik kelas VIII-5 SMP Negeri 4 Kota Bengkulu. Persentase ketuntasan hasil belajar pada siklus I sebesar 65,71% yang termasuk dalam kriteria belum tuntas, kemudian meningkat menjadi 82,85% pada siklus II dengan kriteria tuntas.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sunaryo & Lukman (2023) pada 28 siswa kelas V SD Negeri 3 Sandik, penerapan model *discovery learning* dengan pendekatan saintifik terbukti mampu meningkatkan hasil belajar IPA secara signifikan. Ketuntasan belajar siswa meningkat dari hanya 25% pada pra-siklus menjadi 71% pada siklus I, dan mencapai 89% pada siklus II.

Berdasarkan penelitian yang relevan di atas, maka kebaharuan dari penelitian ini terletak pada penerapan model pembelajaran *discovery learning* berpendekatan SAVI pada materi sistem ekskresi di SMA Negeri 3 Tasikmalaya, yang tidak hanya berfokus pada keterampilan proses sains saja, melainkan pada hasil belajar kognitif. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang sebagian besar menerapkan model DL pada materi zat, pembelajaran IPA, IPAS, bioteknologi, dan hanya berfokus pada keterampilan proses sains atau hasil belajar saja.

2.3 Kerangka Konseptual

Penelitian ini diawali dari identifikasi kondisi awal yang menunjukkan rendahnya keterampilan proses sains (KPS) dan hasil belajar kognitif. Kegiatan pembelajaran, sebagian besar siswa belum mampu menunjukkan keterampilan proses sains yang memadai. Aktivitas pembelajaran yang seharusnya melatih keterampilan proses sains justru masih didominasi oleh kegiatan mencatat dan mendengarkan penjelasan guru. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses pembelajaran sains belum sepenuhnya berorientasi pada pembentukan keterampilan proses sains siswa, sehingga keterampilan proses sains dasar yang menjadi fondasi bagi penguasaan konsep-konsep sains masih belum terwujud secara optimal.

Hasil belajar peserta didik menunjukkan capaian yang belum optimal. Banyak siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep penting, menjawab soal berbasis pemahaman, serta menerapkan pengetahuan dalam konteks baru. Proses pembelajaran, sebagian besar siswa hanya berfokus pada hafalan materi tanpa memahami hubungan antar konsep yang mendasari sistem biologis. Kondisi tersebut tercermin dari masih banyaknya peserta didik yang memperoleh nilai di bawah standar ketuntasan minimal, terutama pada materi yang memerlukan pemahaman konseptual tinggi seperti sistem ekskresi.

Sebagai solusi atas permasalahan tersebut, penelitian ini menerapkan model pembelajaran *discovery learning* berpendekatan SAVI (*Somatic, Auditory, Visual, Intellectual*). Model ini dipilih karena sintaks-sintaksnya secara sistematis dapat mengaktifkan seluruh modalitas belajar siswa sekaligus mendorong kemampuan berpikir ilmiah. Penerapan model *discovery learning* berpendekatan SAVI dilaksanakan melalui enam tahapan sintaks yang dipadukan dengan komponen SAVI, yaitu: (1) *stimulation* atau pemberian rangsangan yang mengaktifkan komponen *visual* dan *auditory*, di mana siswa distimulasi melalui tayangan, gambar, atau pertanyaan pemantik, (2) *problem statement* atau identifikasi masalah yang mengaktifkan komponen *intellectual*, di mana siswa dilatih untuk mengidentifikasi dan merumuskan permasalahan, (3) *data collecting* atau pengumpulan data yang mengaktifkan komponen *somatic* dan *auditory*, di mana siswa melakukan kegiatan observasi dan praktikum secara langsung, (4) *data processing* atau pengolahan data yang mengaktifkan komponen *auditory* dan *intellectual*, di mana siswa berdiskusi dan menganalisis data yang telah diperoleh, (5) *verification* atau pembuktian yang mengaktifkan komponen *auditory*, *intellectual*, dan *visual*, di mana siswa mempresentasikan dan memverifikasi hasil temuan, serta (6) *generalization* atau penarikan kesimpulan yang mengaktifkan komponen *auditory* dan *intellectual*, di mana siswa merumuskan kesimpulan berdasarkan hasil pembelajaran. Keenam tahapan sintaks tersebut secara keseluruhan dipadukan dengan pendekatan SAVI yang melibatkan komponen *somatic, auditory, visual, dan intellectual*.

Melalui penerapan model *discovery learning* berpendekatan SAVI, diharapkan terjadi dampak positif pada dua variabel terikat. Pertama, terdapat pengaruh positif terhadap keterampilan proses sains siswa yang mencakup enam indikator, yaitu mengamati, mengklasifikasi, mengukur, memprediksi, mengomunikasikan, dan menyimpulkan. Kedua, terdapat pengaruh positif terhadap hasil belajar siswa pada ranah kognitif pada materi Sistem Ekskresi.

Penelitian ini menggunakan desain *Quasi Experimental* dengan membandingkan dua kelompok, yaitu kelas eksperimen yang mendapatkan perlakuan model *discovery learning* berpendekatan SAVI dan kelas kontrol yang menggunakan pembelajaran konvensional. Perbandingan hasil antara kedua kelas

tersebut akan menjadi bukti empiris ada atau tidaknya pengaruh penerapan model *discovery learning* berpendekatan SAVI terhadap KPS dan hasil belajar kognitif siswa.

2.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian merupakan jawaban sementara dari masalah penelitian. Karena masih bersifat sementara, kebenaran hipotesis perlu dibuktikan melalui pengujian umumnya menggunakan uji statistik. Adapun hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

H_{a1} : Terdapat pengaruh pendekatan *somatic, auditory, visual, intellectual* (SAVI) terhadap keterampilan proses sains pada materi sistem ekskresi.

H_{a2} : Terdapat pengaruh pendekatan *somatic, auditory, visual, intellectual* (SAVI) terhadap hasil belajar pada materi sistem ekskresi.

H_{a3} : Terdapat pengaruh pendekatan *somatic, auditory, visual, intellectual* (SAVI) terhadap keterampilan proses sains dan hasil belajar pada materi sistem ekskresi.