

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Pustaka

1. *Deep learning* sebagai pendekatan pedagogik

Smart Deep Learning Module Digital merupakan bentuk inovasi pembelajaran modern yang memanfaatkan teknologi digital untuk membangun ekosistem belajar yang adaptif, interaktif, dan reflektif. Modul ini dirancang dengan mengintegrasikan prinsip *deep learning pedagogy* dan PBL sebagai strategi utama pembelajaran abad ke-21. Melalui integrasi tersebut, proses belajar tidak hanya berorientasi pada penyampaian informasi, tetapi menekankan pada pembentukan pemahaman konseptual yang mendalam melalui eksplorasi, elaborasi, dan penerapan konsep dalam konteks yang bermakna bagi peserta didik. Pendekatan ini memungkinkan siswa untuk berperan aktif dalam proses belajar, mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi, serta mengaitkan pengetahuan baru dengan pengalaman belajar sebelumnya secara reflektif.

Istilah *deep learning* diposisikan sebagai pendekatan pedagogis yang menekankan kedalaman proses berpikir (*deep learning pedagogy*), bukan sebagai bentuk algoritma kecerdasan buatan (*deep learning AI*) yang berfungsi secara komputasional. *Deep learning pedagogy* berfokus pada keterlibatan aktif peserta didik dalam proses belajar yang mendorong

refleksi, konstruksi makna, serta transfer pengetahuan lintas konteks. Penggunaan istilah *deep learning* dalam penelitian ini diarahkan untuk menggambarkan proses belajar yang mendalam dan berorientasi pada pengembangan kognitif, metakognitif, dan afektif siswa, bukan pada sistem berbasis teknologi cerdas. Penegasan konseptual ini penting untuk menghindari kekeliruan terminologi antara pembelajaran mendalam dan teknologi kecerdasan buatan dalam konteks pengembangan modul digital (Hood & Littlejohn, 2022; Mayer, 2021; Rahman et al., 2023).

Menurut Mayer (2021) melalui *Cognitive Theory of Multimedia Learning*, keterpaduan antara elemen teks, visual, audio, dan animasi dalam media pembelajaran berperan penting dalam memperkuat pemrosesan kognitif dan meningkatkan daya retensi informasi siswa. Integrasi multimodal tersebut memungkinkan terjadinya proses belajar yang lebih mendalam, di mana peserta didik menghubungkan berbagai representasi informasi secara simultan. Hasil temuan Zhang et al. (2023) juga menegaskan bahwa penggunaan media digital berbasis *deep learning pedagogy* dengan tingkat interaktivitas tinggi secara signifikan meningkatkan efektivitas pembelajaran hingga 25% dibandingkan dengan pendekatan konvensional. Istilah *deep learning* dalam penelitian ini tidak merujuk pada teknologi algoritmik kecerdasan buatan (*deep learning AI*), melainkan mengacu pada pendekatan pedagogik yang menekankan keterlibatan aktif, eksplorasi konseptual, refleksi mendalam, dan elaborasi ide oleh peserta didik. Pendekatan ini menempatkan siswa sebagai

pembelajar otonom yang membangun makna dan mengonstruksi pengetahuan secara reflektif serta berkelanjutan sehingga proses belajar menjadi lebih transformatif (Hood & Littlejohn, 2022; Rahman et al., 2023; Nurlaela et al., 2024).

Lebih lanjut, karakteristik utama dari *smart digital learning module* mencakup tiga komponen penting yang saling berinteraksi. Pertama, adanya mekanisme *adaptive scaffolding*, yaitu sistem dukungan dinamis yang menyesuaikan tingkat bantuan dengan kemampuan dan kebutuhan belajar peserta didik, serta secara bertahap mengurangi intervensi seiring peningkatan kompetensi. Kedua, penerapan *automated feedback system* yang berbasis data, berfungsi memberikan umpan balik langsung terhadap kesalahan konseptual maupun prosedural sehingga siswa dapat melakukan koreksi reflektif secara mandiri. Ketiga, penerapan *multimodal flexibility* yang mengakomodasi berbagai gaya belajar visual, auditori, maupun kinestetik untuk memperkuat pengalaman belajar yang *imersif* dan *adaptif*. Selain itu, modul ini memanfaatkan *learning analytics* (Lee & Park, 2024) guna menganalisis pola perilaku belajar dan menyesuaikan jalur pembelajaran sesuai dengan karakteristik individu. Pemanfaatan *machine learning* pada konteks ini difokuskan sebagai instrumen analitis pendukung, bukan sistem kecerdasan buatan otonom, untuk memperkuat personalisasi pembelajaran dan meningkatkan kualitas umpan balik (Rahman et al., 2023; Fitriani et al., 2025).

Smart Deep Learning Module Digital merupakan inovasi sistem

pembelajaran modern yang dirancang untuk membangun ekosistem belajar interaktif dan adaptif berbasis teknologi. Modul ini mengombinasikan prinsip *deep learning pedagogy* dengan pendekatan PBL guna menciptakan lingkungan belajar yang mendorong keterlibatan aktif peserta didik secara menyeluruh. Melalui integrasi keduanya, proses pembelajaran tidak hanya berorientasi pada pencapaian hasil akademik, tetapi juga pada pengembangan kemampuan berpikir kritis, reflektif, dan kolaboratif. Pembelajaran yang berbasis pada *deep learning pedagogy* menekankan pentingnya eksplorasi konsep, refleksi mendalam terhadap pengalaman belajar, serta konstruksi makna yang berkelanjutan sebagai dasar pembentukan kompetensi abad ke-21. Istilah *deep learning* pada konteks ini tidak diartikan sebagai algoritma kecerdasan buatan (*deep learning AI*), melainkan sebagai paradigma pedagogis yang berfokus pada pendalaman proses kognitif, penguatan transfer pengetahuan lintas situasi, dan internalisasi nilai-nilai belajar bermakna (Hood & Littlejohn, 2022; Mayer, 2021; Rahman et al., 2023).

Sebagai media pembelajaran digital, modul ini tidak hanya berfungsi sebagai sumber belajar pasif, melainkan sebagai *learning companion* yang berperan aktif dalam mendampingi dan memfasilitasi perjalanan belajar peserta didik. Melalui fitur *interaktif* dan umpan balik *adaptif*, modul ini membantu siswa dalam memantau kemajuan belajar, mengevaluasi hasil pemahaman, serta menyesuaikan strategi belajar secara mandiri. Integrasi antara interaktivitas teknologi dan prinsip *pedagogis* yang reflektif

menjadikan *Smart Deep Learning Module* Digital sebagai sarana pembelajaran yang kontekstual, kolaboratif, dan berorientasi pada pemecahan masalah. Dengan demikian, modul ini diharapkan mampu membentuk pengalaman belajar yang bermakna, menumbuhkan otonomi belajar, dan memperkuat kemampuan berpikir tingkat tinggi pada peserta didik.

Sebagai contoh, desain modul *Smart Deep Learning* dapat mencakup empat komponen utama: (1) *Dashboard adaptif* siswa, yang menampilkan capaian belajar, rekomendasi aktivitas, serta umpan balik otomatis berdasarkan hasil asesmen formatif; (2) Skenario PBL interaktif, di mana siswa dihadapkan pada masalah kontekstual, misalnya “Bagaimana merancang sistem pengelolaan sampah digital di sekolah?”, lalu diarahkan untuk menyelidiki, merancang solusi, dan mempresentasikan hasilnya secara digital; (3) Fitur refleksi digital, berupa *learning journal* interaktif yang mendorong siswa menuliskan proses berpikir, strategi, dan kesulitan yang mereka alami selama belajar; dan (4) Sistem penilaian cerdas (*smart assessment system*), yang mengombinasikan kuis berbasis *adaptif*, analisis pola jawaban, dan indikator keterampilan berpikir kritis untuk memberikan skor dan rekomendasi penguatan materi secara otomatis (Wahyudi & Handayani, 2024).

Oleh karena itu, *Smart Deep Learning Module* Digital bukan hanya alat bantu belajar, tetapi juga merupakan ekosistem pembelajaran digital cerdas yang secara simultan mengembangkan kemampuan berpikir kritis,

kolaboratif, dan *reflektif* siswa. Inovasi ini selaras dengan arah transformasi pendidikan abad ke-21 yang menekankan *personalized learning*, *autonomy*, dan *digital pedagogy adaptif* sebagai inti peningkatan kualitas pembelajaran (UNESCO, 2023; Handayani & Yusuf, 2024).

2. Pembelajaran Berbasis Masalah/PBL

PBL merupakan pendekatan pembelajaran konstruktivistik yang menempatkan peserta didik sebagai pusat aktivitas belajar melalui pemecahan masalah autentik yang relevan dengan kehidupan nyata. Model ini mendorong siswa untuk berpikir kritis, mengembangkan kemampuan *kolaboratif*, dan membangun pemahaman konseptual melalui proses eksplorasi, penyelidikan, serta refleksi yang dipandu oleh guru sebagai fasilitator (Hmelo-Silver et al., 2019; Arifin & Wulandari, 2023).

PBL terbukti efektif dalam meningkatkan keaktifan dan kemandirian belajar karena berorientasi pada pencarian solusi nyata terhadap permasalahan kontekstual. Penelitian Rahmawati et al. (2023) menunjukkan bahwa penerapan PBL di sekolah dasar mampu memperkuat kemampuan analisis dan keterampilan berpikir kritis siswa secara signifikan. Sejalan dengan itu, studi Taufiq dan Syamsuddin (2024) mengungkapkan bahwa integrasi PBL dalam pembelajaran IPA SD meningkatkan hasil belajar dan motivasi siswa hingga 30% dibandingkan metode konvensional. Hal ini terjadi karena siswa dilibatkan secara langsung dalam mengidentifikasi, merumuskan, dan menyelesaikan permasalahan melalui eksperimen serta diskusi kelompok.

Penelitian empiris lainnya juga mendukung efektivitas PBL dalam konteks pembelajaran IPA SD. Misalnya, studi Fitriyani et al. (2023) menemukan bahwa model PBL mampu meningkatkan keterampilan berpikir ilmiah dan kemampuan eksplorasi konsep *sains* secara signifikan melalui kegiatan penyelidikan berbasis proyek. Demikian pula, hasil penelitian oleh Ningsih dan Pratama (2022) memperlihatkan bahwa PBL berbantuan media digital mampu memperdalam pemahaman konsep sistem tata surya dan mendorong siswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS). Selain itu, Suhendar dan Fathurrahman (2024) menegaskan bahwa implementasi PBL secara konsisten dapat meningkatkan hasil belajar kognitif dan sikap ilmiah siswa pada materi energi dan perubahannya di sekolah dasar.

Pendekatan ini sejalan dengan paradigma pendidikan abad ke-21 yang menekankan keterampilan 4C yaitu *critical thinking*, *collaboration*, *communication*, dan *creativity* sebagai fondasi pembelajaran bermakna (UNESCO, 2023; Handayani & Yusuf, 2024). Oleh karena itu, PBL tidak hanya menjadi strategi pengajaran berbasis masalah, tetapi juga sebagai kerangka pedagogis yang membentuk peserta didik menjadi pembelajar reflektif, adaptif, dan inovatif.

PBL diimplementasikan melalui lima fase pembelajaran yang berlangsung secara sistematis dan saling berkaitan. Pertama, fase orientasi terhadap masalah, ketika siswa dihadapkan pada situasi kontekstual yang menantang untuk membangkitkan rasa ingin tahu dan kesadaran terhadap

fenomena yang akan dipelajari. Kedua, fase identifikasi kebutuhan belajar, di mana siswa bersama kelompoknya menentukan informasi dan sumber belajar yang diperlukan untuk menemukan solusi. Ketiga, fase penyelidikan mandiri dan kolaboratif, saat siswa melakukan eksplorasi, mengumpulkan data, serta mengembangkan hipotesis berdasarkan bukti yang relevan. Keempat, fase pengembangan dan presentasi solusi, yang berfokus pada penguatan kemampuan komunikasi ilmiah, argumentasi rasional, dan penyampaian hasil kerja kelompok. Kelima, fase refleksi dan evaluasi, yaitu saat siswa melakukan peninjauan ulang terhadap proses berpikir, efektivitas strategi, serta hasil pembelajaran yang telah dicapai (Arends, 2022).

Tahap refleksi dalam PBL memiliki peran fundamental dalam membangun kesadaran metakognitif siswa tentang bagaimana mereka belajar dan menyelesaikan masalah. Berdasarkan teori *self-directed learning* (Knowles, 1980) dan *reflective inquiry* (Dewey, 1933; Garrison, 1997), refleksi dipandang sebagai inti dari pembelajaran bermakna karena memungkinkan siswa untuk mengarahkan, memantau, dan mengevaluasi strategi berpikirnya secara mandiri. Melalui kegiatan reflektif, siswa belajar mengenali kekuatan dan kelemahan dalam proses berpikir mereka serta mengembangkan strategi yang lebih efektif untuk pemecahan masalah di masa depan. Oleh sebab itu, dalam konteks pengembangan *Smart Deep Learning Module* Digital berbasis PBL, tahap refleksi bukan sekadar penutup proses pembelajaran, melainkan instrumen penting dalam

internalisasi pengetahuan dan pembentukan keterampilan berpikir kritis secara berkelanjutan.

Hasil-hasil penelitian mutakhir memperkuat efektivitas integrasi PBL dengan teknologi digital interaktif dalam meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (*higher-order thinking skills*). Fitriani et al. (2023) menemukan bahwa penerapan *learning analytics* pada lingkungan pembelajaran berbasis PBL mampu meningkatkan kesadaran metakognitif siswa secara signifikan. Selanjutnya, Wahyudi dan Lestari (2024) menunjukkan bahwa kolaborasi digital dalam PBL mempercepat perkembangan kemampuan berpikir kritis dan reflektif. Konteks pembelajaran IPA di tingkat sekolah dasar, khususnya pada materi tata surya, memperlihatkan efektivitas pendekatan ini dalam mendorong konstruksi konsep ilmiah siswa melalui eksplorasi berbasis data digital dan refleksi terarah dengan dukungan modul cerdas (Triandika et al., 2023; Yusuf & Hartono, 2024).

Sebagai bentuk implementasi, rancangan *Smart Deep Learning Module* Digital berbasis PBL dapat memuat empat elemen utama. Pertama, halaman orientasi masalah yang menyajikan video atau simulasi fenomena astronomi sebagai pemicu berpikir kritis. Kedua, ruang eksplorasi inkuiri digital, yang memungkinkan siswa menelusuri sumber informasi, melakukan eksperimen virtual, serta menguji hipotesis berdasarkan hasil observasi. Ketiga, forum kolaboratif interaktif, yang memfasilitasi diskusi kelompok dalam merancang solusi dan berbagi temuan ilmiah. Keempat,

fitur refleksi adaptif digital, berupa *learning journal* dan *auto-feedback system* yang memberikan umpan balik *real-time* terhadap strategi berpikir, capaian belajar, serta kualitas argumentasi siswa. Oleh karena itu, *Smart Deep Learning Module* Digital berbasis PBL berfungsi tidak hanya sebagai media pembelajaran interaktif, tetapi juga sebagai ekosistem belajar reflektif yang menumbuhkan kemandirian belajar dan menguatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

3. Pembelajaran IPA dan Keterampilan Berpikir Kritis

Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) merupakan bidang studi fundamental yang berperan dalam menumbuhkan literasi sains dan menanamkan pola berpikir ilmiah sejak jenjang pendidikan dasar. Melalui pembelajaran IPA, siswa tidak hanya diarahkan untuk menguasai konsep-konsep faktual dan prosedural, tetapi juga dilatih untuk mengamati fenomena alam, menafsirkan hubungan sebab-akibat, serta menarik kesimpulan berdasarkan bukti empiris. Proses ini menjadi sarana penguatan scientific reasoning yang esensial bagi pembentukan keterampilan berpikir kritis. Hal tersebut selaras dengan semangat Kurikulum Merdeka yang menekankan integrasi antara pemahaman konseptual, keterampilan berpikir tingkat tinggi (*higher-order thinking skills*), dan pembentukan karakter ilmiah peserta didik (Kemendikbudristek, 2022; OECD, 2023).

Berbagai hasil penelitian empiris membuktikan bahwa implementasi model PBL yang dipadukan dengan dukungan teknologi digital memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis

siswa sekolah dasar. Fitriyani et al. (2023) menemukan bahwa penerapan PBL berbasis digital dalam pembelajaran IPA mampu meningkatkan kemampuan analisis dan argumentasi ilmiah siswa sebesar 28% dibandingkan pendekatan konvensional. Penelitian Rahman et al. (2024) juga memperlihatkan bahwa integrasi learning analytics dalam skenario PBL mendorong siswa untuk berpikir lebih sistematis, reflektif, dan berbasis bukti. Selain itu, studi Ningsih dan Pratama (2022) pada materi tata surya kelas VI mengonfirmasi bahwa modul digital berbasis PBL memperkuat kemampuan interpretasi data astronomi sekaligus menumbuhkan keterampilan berpikir kritis secara signifikan, terutama ketika siswa berhadapan dengan permasalahan kontekstual yang menuntut pemecahan ilmiah.

Dari sisi pengembangan kesadaran berpikir, penerapan PBL digital terbukti mampu memperkuat dimensi metakognitif serta menumbuhkan kemandirian belajar. Hasil penelitian Suhendar dan Fathurrahman (2024) menunjukkan bahwa penggunaan fitur auto-feedback dan interactive learning dashboard dalam modul berbasis PBL mendorong siswa untuk memonitor, mengevaluasi, dan mengatur strategi berpikir mereka secara mandiri. Temuan ini mempertegas bahwa pembelajaran IPA melalui pendekatan digital interaktif tidak hanya menumbuhkan kemampuan berpikir kritis, tetapi juga mengembangkan regulasi diri (self-regulated learning) dan kesadaran metakognitif yang penting bagi keberhasilan belajar jangka panjang.

Oleh karena itu, pengembangan Smart Deep Learning Module Digital berbasis PBL pada materi tata surya di kelas VI sekolah dasar menjadi langkah inovatif dalam mewujudkan pembelajaran IPA yang reflektif, adaptif, dan kontekstual. Modul ini dirancang tidak sekadar menyajikan konten ilmiah dalam format visual dan interaktif, melainkan juga menyediakan pengalaman belajar berbasis eksplorasi, refleksi, dan kolaborasi digital yang mendorong siswa membangun makna secara mendalam. Integrasi prinsip deep learning pedagogy dengan pendekatan PBL berpotensi mempercepat transformasi paradigma pembelajaran dari sekadar transfer informasi menuju proses konstruksi pengetahuan yang menumbuhkan daya nalar kritis serta kemampuan memecahkan masalah ilmiah dalam konteks kehidupan nyata.

Literasi sains tidak sekadar berkaitan dengan kemampuan memahami konsep-konsep ilmiah, tetapi juga mencakup keterampilan menerapkan prinsip-prinsip sains dalam menjelaskan fenomena alam serta mengambil keputusan secara rasional berdasarkan bukti empiris (OECD, 2023). Puspitasari dan Hidayat (2023) menegaskan bahwa pembelajaran IPA yang mengedepankan kegiatan eksplorasi, eksperimen, dan refleksi kritis dapat menumbuhkan pola pikir logis serta memperkuat penalaran ilmiah peserta didik. Lebih lanjut, pemanfaatan media digital dan teknologi interaktif berperan penting dalam menghadirkan pengalaman belajar yang *imersif*, seperti simulasi berbasis komputer, visualisasi data ilmiah, dan eksperimen

virtual yang membantu siswa memahami konsep secara mendalam dan meningkatkan keterlibatan belajar (Suharto et al., 2024).

Kemampuan berpikir kritis dalam konteks pembelajaran IPA dipahami sebagai seperangkat keterampilan berpikir tingkat tinggi yang memungkinkan siswa untuk menganalisis informasi ilmiah secara sistematis, mengevaluasi bukti, dan menarik kesimpulan yang logis serta dapat dipertanggungjawabkan (Facione, 2020; Nurhasanah & Widodo, 2023). Siswa dengan kemampuan berpikir kritis yang baik mampu mengidentifikasi permasalahan secara tepat, mengajukan hipotesis yang relevan, melakukan analisis data hasil pengamatan, serta menyusun argumen ilmiah berdasarkan fakta yang ditemukan di lapangan. Proses berpikir ini menjadi inti dari pengembangan kecakapan ilmiah dan pembentukan karakter rasional siswa dalam pembelajaran IPA.

Sejumlah hasil penelitian empiris menunjukkan bahwa penerapan model PBL terbukti efektif dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa sekolah dasar, khususnya dalam pembelajaran IPA. Fitriani (2022) serta Nurul dan Putra (2023) melaporkan bahwa strategi PBL mendorong peserta didik untuk aktif memecahkan masalah kontekstual melalui proses penyelidikan ilmiah yang terstruktur, sehingga kemampuan *analisis*, *sintesis*, dan *refleksi* mereka meningkat secara signifikan. Penelitian yang dilakukan oleh Fitriyani dan Lestari (2024) juga mengonfirmasi bahwa *integrasi inkuiri*, *kolaborasi*, dan *diskusi reflektif* dalam pembelajaran berbasis PBL berkontribusi besar terhadap

peningkatan keterampilan berpikir tingkat tinggi, seperti membuat inferensi, menginterpretasi hasil observasi, serta melakukan evaluasi argumentatif.

Guru perlu merancang strategi pembelajaran IPA yang tidak hanya berfokus pada pencapaian hasil belajar kognitif, tetapi juga menekankan pada proses penalaran ilmiah yang sistematis, kontekstual, dan berbasis pengalaman nyata. Integrasi modul digital berbasis *Smart Deep Learning* dengan pendekatan PBL dapat menjadi inovasi strategis untuk memperkuat keterampilan berpikir kritis siswa. Melalui modul ini, siswa didorong untuk belajar secara mandiri namun terarah, mengeksplorasi fenomena sains secara interaktif, serta membangun pemahaman konseptual yang mendalam melalui siklus belajar yang reflektif dan berorientasi pada pemecahan masalah nyata.

Integrasi model PBL dengan pendekatan digital menjadi inovasi yang efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa sekolah dasar. Melalui pembelajaran ini, siswa dihadapkan pada masalah kontekstual yang menuntut penerapan konsep *sains* dalam kehidupan sehari-hari. Handayani dan Kurniawan (2024) menegaskan bahwa PBL yang dikemas dalam format modul digital dapat memfasilitasi umpan balik otomatis, pembelajaran adaptif, serta pemantauan perkembangan kognitif siswa secara *real time*. Pembelajaran IPA berbasis digital tidak hanya berfungsi sebagai sarana transfer pengetahuan, tetapi juga sebagai wahana

pengembangan keterampilan berpikir ilmiah dan reflektif melalui interaksi digital yang cerdas dan kontekstual.

Pembelajaran IPA berbasis berpikir kritis dalam konteks penelitian ini dioperasionalkan sebagai proses pembelajaran yang memfasilitasi siswa untuk menganalisis, mengevaluasi, dan menyusun argumen ilmiah secara logis dalam memecahkan masalah kontekstual menggunakan pendekatan ilmiah. Indikator berpikir kritis yang digunakan meliputi: 1. Kemampuan mengidentifikasi dan merumuskan masalah ilmiah; 2. Kemampuan menyusun hipotesis berdasarkan pengetahuan awal dan bukti empiris; 3. Kemampuan menganalisis serta menginterpretasikan hasil pengamatan atau eksperimen; dan 4. Kemampuan menyimpulkan serta memberikan *justifikasi* ilmiah terhadap temuan yang diperoleh.

Sebagai contoh, *Smart Deep Learning Module* Digital yang dikembangkan untuk pembelajaran IPA berbasis berpikir kritis dapat dirancang dengan empat komponen utama berikut: 1. *Dashboard Adaptif* Pembelajaran IPA berfungsi menampilkan perkembangan kompetensi berpikir kritis siswa berdasarkan hasil *asesmen* digital, termasuk rekomendasi aktivitas belajar dan umpan balik otomatis. 2. Skenario PBL Interaktif IPA menghadirkan masalah kontekstual seperti: “Bagaimana cara meminimalkan dampak sampah plastik terhadap lingkungan sekolah melalui prinsip daur ulang energi?” Siswa ditantang untuk mengamati fenomena, merancang solusi berbasis *sains*, dan mempresentasikan hasilnya secara digital. 3. Fitur Refleksi Digital (*Smart Reflection Journal*)

mendorong siswa menuliskan proses berpikir ilmiah, strategi pemecahan masalah, serta kesulitan yang dialami selama pembelajaran, guna menumbuhkan kesadaran *metakognitif*. 4. Sistem Penilaian Cerdas (*Smart Science Assessment System*) mengombinasikan kuis adaptif, analisis *log* aktivitas belajar, dan indikator berpikir kritis untuk memberikan penilaian formatif secara otomatis serta rekomendasi penguatan materi (Wahyudi & Handayani, 2024).

4. Modul Digital Interaktif dalam Pembelajaran IPA

Modul digital interaktif merupakan bentuk transformasi bahan ajar elektronik yang menyatukan berbagai elemen multimedia seperti teks, gambar, audio, video, animasi, simulasi, dan evaluasi berbasis digital ke dalam satu sistem pembelajaran terpadu. Inovasi ini dirancang untuk menghadirkan pengalaman belajar yang fleksibel, kontekstual, dan kolaboratif, sesuai dengan tuntutan keterampilan abad ke-21 (Setyowati & Raharjo, 2023, *Jurnal Inovasi Pembelajaran Sains*). Keberadaan modul digital interaktif membantu siswa memahami konsep-konsep abstrak seperti gaya, energi, dan sistem tata surya melalui kegiatan eksplorasi visual dan eksperimen berbasis simulasi dalam konteks pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA). Visualisasi dinamis yang dihadirkan memungkinkan siswa mengamati fenomena ilmiah secara virtual, sehingga meningkatkan pemahaman konseptual dan keterlibatan emosional dalam belajar (Wibowo & Kartikasari, 2024, *Journal of Science Education Technology*). Selain itu, fleksibilitas waktu dan akses yang ditawarkan

memungkinkan siswa belajar di mana saja dan kapan saja, baik secara individu maupun kolaboratif (Suhendra et al., 2023, *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan IPA*).

Interaktivitas merupakan elemen kunci yang menjadikan modul digital interaktif lebih unggul dibandingkan bahan ajar konvensional. Fitur seperti gamifikasi (*gamification*), simulasi ilmiah, dan umpan balik otomatis (*automated feedback*) mampu menciptakan lingkungan belajar yang aktif dan partisipatif. Melalui desain tersebut, siswa terdorong untuk bereksperimen, menguji hipotesis, serta mengembangkan keterampilan berpikir kritis dalam proses pembelajaran (Handayani & Ramli, 2024, *Jurnal Teknologi Pendidikan*). Penelitian Lestari dan Nurdin (2023, *International Journal of Digital Learning*) juga menegaskan bahwa penerapan modul digital interaktif yang mengandung prinsip *problem solving* dan *self-regulated learning* dapat meningkatkan motivasi, rasa ingin tahu, dan hasil belajar siswa secara signifikan. Oleh karena itu, modul digital tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu penyampaian informasi, melainkan sebagai ekosistem pembelajaran digital adaptif yang mendukung pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi dan kemandirian belajar siswa.

Berbeda dengan modul digital interaktif konvensional, *Smart Deep Learning Module* memiliki karakteristik yang lebih canggih dan berorientasi pada pembelajaran adaptif berbasis data. Modul ini mengombinasikan pendekatan PBL dengan sistem umpan balik cerdas

(*smart feedback system*) yang memantau proses berpikir siswa secara *real-time*. Sistem ini dirancang untuk memberikan umpan balik yang bersifat individual, kontekstual, dan berkelanjutan sesuai dengan kebutuhan belajar siswa. Berdasarkan teori *Formative Assessment* yang dikemukakan oleh Black dan Wiliam (2009), pemberian umpan balik yang tepat waktu dan informatif dapat memperkuat pemahaman konseptual serta membantu siswa memperbaiki kesalahan berpikir secara mandiri. Oleh karena itu, *Smart Deep Learning Module* tidak hanya menampilkan fitur interaktif, tetapi juga mengintegrasikan mekanisme kecerdasan digital yang memungkinkan pembelajaran bersifat *reflektif*, *adaptif*, dan berorientasi pada peningkatan keterampilan berpikir kritis.

Integrasi pendekatan PBL dalam *Smart Deep Learning Module* memberikan kontribusi nyata terhadap pembelajaran IPA di sekolah dasar. Melalui modul ini, siswa belajar memecahkan masalah nyata yang relevan dengan fenomena alam di sekitar mereka, seperti gerak rotasi dan revolusi bumi atau pergerakan planet dalam tata surya. Proses pembelajaran berbasis masalah ini mengarahkan siswa untuk merumuskan *hipotesis*, mengumpulkan dan menganalisis data *empiris*, serta menyusun kesimpulan ilmiah melalui diskusi *reflektif*. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip pembelajaran abad ke-21 yang menekankan *critical thinking*, *creativity*, *collaboration*, dan *communication*. Oleh karena itu, *Smart Deep Learning Module* dapat dikategorikan sebagai inovasi strategis yang mengintegrasikan teknologi digital cerdas, pendekatan ilmiah, dan

pengalaman belajar autentik guna menumbuhkan keterampilan berpikir kritis siswa sekolah dasar dalam pembelajaran IPA.

B. Kerangka berpikir

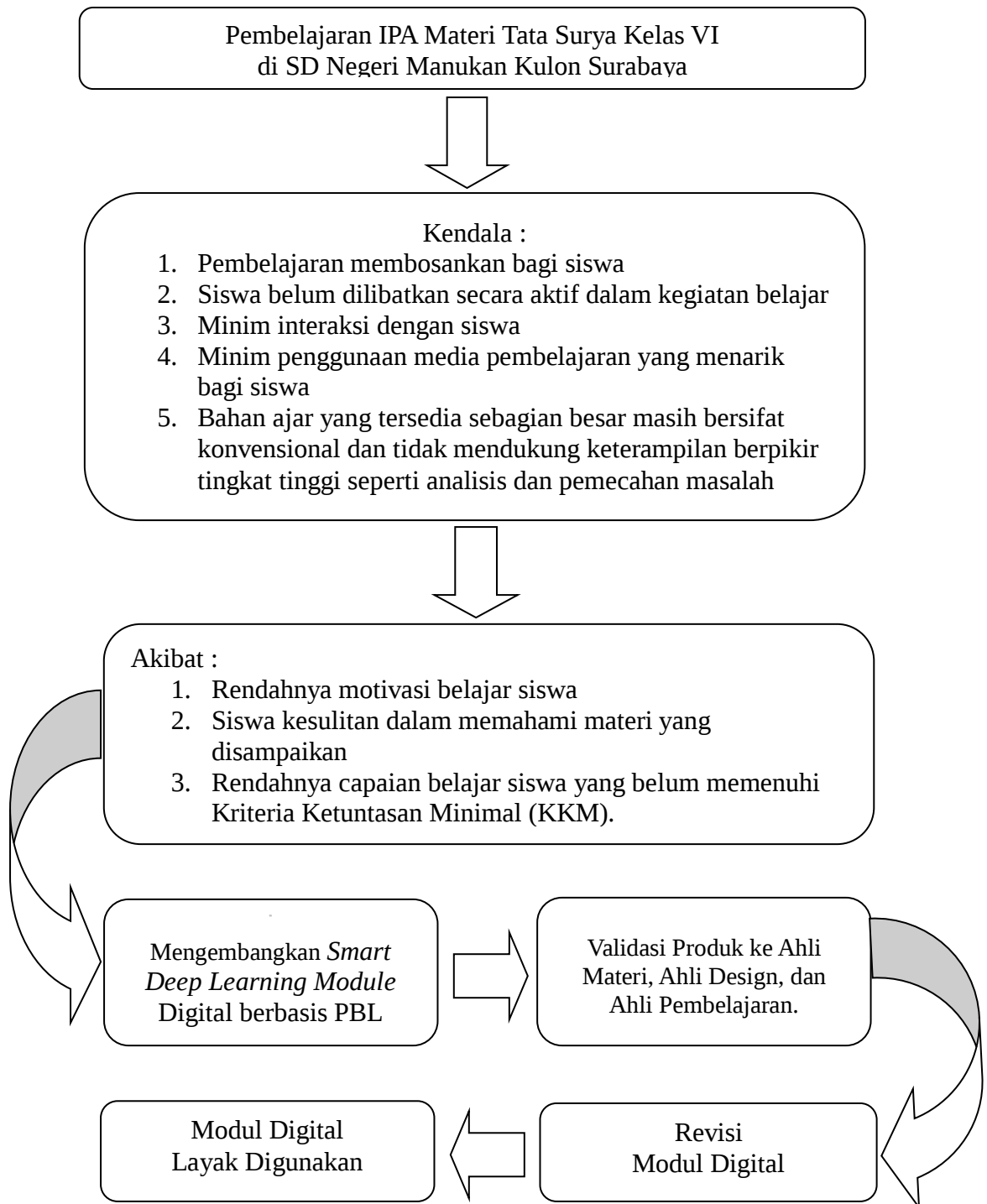
Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) di tingkat Sekolah Dasar, khususnya pada topik Tata Surya, masih menghadapi berbagai tantangan yang cukup kompleks. Materi ini bersifat abstrak karena berhubungan dengan objek-objek astronomis yang tidak dapat diamati secara langsung oleh siswa. Kondisi tersebut menyebabkan konsep-konsep ilmiah, seperti rotasi, revolusi, serta struktur planet, sulit dipahami tanpa bantuan media visual yang representatif. Pembelajaran yang masih didominasi pendekatan konvensional berpusat pada guru (*teacher-centered learning*) turut memperlemah partisipasi aktif dan daya nalar kritis siswa. Rendahnya pemanfaatan teknologi digital dan keterbatasan media interaktif menjadikan proses belajar cenderung monoton, sehingga menurunkan motivasi belajar dan pemahaman konseptual siswa terhadap fenomena astronomi.

Sebagai respon terhadap permasalahan tersebut, dibutuhkan inovasi dalam bentuk media pembelajaran cerdas yang mengintegrasikan teknologi dengan pendekatan pedagogis berbasis masalah. Pengembangan *Smart Deep Learning Module* Digital berbasis PBL menjadi salah satu solusi strategis. Modul ini dirancang untuk menstimulasi kemampuan berpikir kritis melalui penyajian masalah kontekstual yang menuntut siswa mengeksplorasi informasi, berkolaborasi, dan merumuskan solusi ilmiah secara mandiri. Elemen interaktif seperti teks naratif, ilustrasi dinamis, video simulasi,

animasi 3D, serta fitur *auto-feedback* dan *learning analytics* menjadikan modul ini tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga mendukung keterlibatan belajar yang *adaptif* dan *reflektif*. Dengan akses yang fleksibel melalui perangkat digital, siswa dapat belajar secara mandiri maupun kolaboratif, sehingga mendukung pengembangan *self-regulated learning* dan keterampilan abad ke-21.

Implementasi *Smart Deep Learning Module* Digital berbasis PBL diharapkan mampu merevolusi proses pembelajaran IPA menjadi lebih kontekstual, menantang, dan bermakna. Siswa tidak hanya berperan sebagai penerima informasi, tetapi sebagai peneliti muda yang aktif mengonstruksi pengetahuan melalui eksplorasi dan refleksi berbasis data digital. Melalui integrasi pendekatan *deep learning pedagogy* yang menekankan kedalaman pemahaman dan transfer konsep lintas konteks, modul ini diyakini dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis, motivasi intrinsik, serta hasil belajar siswa secara signifikan dibandingkan dengan metode tradisional yang kurang menstimulasi keaktifan dan penalaran ilmiah. Oleh karena itu, inovasi ini menjadi kontribusi penting dalam transformasi pembelajaran IPA menuju ekosistem digital yang cerdas, interaktif, dan berorientasi pada pengembangan berpikir kritis di era pembelajaran abad ke-21.

Gambar 2.1 Kerangka Berpikir



C. Kebaruan Penelitian (*State of the Art*)

Berdasarkan hasil analisis terhadap berbagai penelitian sebelumnya, masih terdapat sejumlah kesenjangan (*research gap*) dalam pengembangan pembelajaran digital di bidang IPA sekolah dasar. Sebagian besar inovasi *e-modul* yang ada hanya berfokus pada peningkatan hasil belajar, tanpa mengintegrasikan aspek berpikir kritis, refleksi metakognitif, serta adaptivitas sistem pembelajaran. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kontribusi baru dengan mengembangkan *Smart Deep Learning Module* Digital berbasis PBL yang menekankan proses pembelajaran mendalam (*deep learning process*) dan didukung oleh teknologi cerdas serta konteks permasalahan nyata.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Kebaruan Penelitian

No	Peneliti & Tahun	Fokus Penelitian	Kelemahan / Keterbatasan Penelitian Sebelumnya	Relevansi terhadap Penelitian Ini	Kebaruan Penelitian (Novelty)
1	Astuti & Nugroho (2022)	Pengembangan e-modul berbasis Problem-Based Learning (PBL) untuk meningkatkan hasil belajar IPA.	Belum mengintegrasikan aspek refleksi mendalam (<i>deep learning process</i>) dan keterampilan berpikir kritis siswa.	Menjadi dasar penerapan PBL dalam konteks pembelajaran digital.	Menggabungkan PBL dengan pendekatan <i>deep learning pedagogy</i> yang mendorong elaborasi, refleksi, dan transfer pengetahuan.
2	Fitriyani et al. (2023)	Penggunaan model PBL untuk meningkatkan hasil belajar dan	Fokus pada hasil belajar kognitif, belum menyentuh aspek metakognitif dan adaptivitas	Menunjukkan efektivitas PBL dalam pembelajaran IPA.	Mengembangkan modul digital yang menekankan refleksi dan regulasi diri berbasis masalah

		motivasi siswa sekolah dasar.	pembelajaran digital.		kontekstual.
3	Handayani & Ramdani (2022)	Penerapan e-modul interaktif dalam pembelajaran IPA berbasis teknologi.	Modul bersifat statis, tidak memberikan umpan balik otomatis sesuai kemampuan siswa.	Menjadi acuan untuk pengembangan sistem digital berbasis AI.	Menghadirkan fitur <i>intelligent feedback system</i> dan <i>learning analytics dashboard</i> yang adaptif terhadap performa siswa.
4	Putri et al. (2023)	Pengembangan e-modul interaktif untuk meningkatkan pemahaman konsep IPA.	Tidak memuat unsur <i>problem solving</i> dan refleksi metakognitif yang mendalam.	Memberi dasar pengembangan e-modul visual dan interaktif.	Mengintegrasikan <i>self-reflection</i> , <i>feedback adaptif</i> , dan <i>deep learning process</i> dalam satu sistem terpadu.
5	Kurniawan & Ningsih (2023)	Pembelajaran digital IPA topik gaya dan energi di SD.	Fokus pada materi konkret, belum menyentuh materi abstrak seperti Tata Surya.	Memberikan contoh penerapan media digital dalam pembelajaran IPA.	Fokus pada materi abstrak Tata Surya yang membutuhkan visualisasi dan penalaran ilmiah tingkat tinggi.
6	Wulandari & Pratama (2024)	Penerapan e-modul untuk melatih kemampuan 4C siswa.	Belum menekankan aspek <i>self-regulated learning</i> dan refleksi berkelanjutan.	Menunjukkan pentingnya pembelajaran berbasis proyek dan kolaboratif.	Mengembangkan fitur <i>learning journal interaktif</i> dan proyek kolaboratif berbasis masalah nyata.
7	Rahman & Suryani (2023)	Penggunaan pembelajaran adaptif berbasis AI dalam konteks SMP.	Belum diterapkan di jenjang sekolah dasar dan tidak fokus pada keterampilan berpikir kritis.	Menjadi referensi pendekatan adaptif dalam sistem pembelajaran digital.	Menerapkan konsep adaptivitas dan AI sederhana untuk personalisasi pengalaman belajar IPA di SD.

Dari hasil perbandingan tersebut, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini memiliki kebaruan pada aspek: Integrasi PBL dan *Deep Learning Pedagogy* dalam satu modul digital terpadu; Penggunaan fitur cerdas adaptif seperti *intelligent feedback system* dan *learning analytics dashboard*; Fokus pada materi abstrak Tata Surya untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa SD dan Penerapan refleksi *metakognitif* dan kemandirian belajar digital melalui *learning journal* dan aktivitas berbasis proyek.