

BAB I

PENDAHULUAN

Bab I pada penelitian ini memaparkan secara komprehensif mengenai rasionalisasi riset, formulasi permasalahan, target yang hendak dicapai, signifikansi studi, deliniasi batasan kajian, beserta pemaknaan terminologi yang ditinjau dari aspek konseptual maupun operasional.

1.1 Latar Belakang

Transformasi masif di bidang sains dan teknologi telah membawa peradaban manusia memasuki paradigma Industri 5.0, sebuah era yang menitikberatkan pada integrasi harmonis antara entitas manusia dan kecanggihan instrumen teknologi (Oktavian *et al.*, 2023). Fenomena disrupsi ini memberikan implikasi yang signifikan terhadap pelbagai dimensi kehidupan, tidak terkecuali pada ekosistem pendidikan nasional di Indonesia. Merujuk pada esensi Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 mengenai Sistem Pendidikan Nasional, orientasi pedagogis diarahkan guna mengkonstruksi karakteristik peserta didik agar menjadi figur yang meyakini dan patuh terhadap nilai spiritual, memiliki keluhuran budi pekerti, wawasan keilmuan yang mumpuni, cakap dalam bertindak, otonom, memiliki daya cipta, serta menjunjung tinggi pilar demokrasi dan tanggung jawab kewarganegaraan (Depdiknas, 2003). Akselerasi inovasi di tengah pusaran globalisasi saat ini mendesak urgensi penciptaan Sumber Daya Manusia (SDM) yang adaptif terhadap perubahan, berkapabilitas unggul, serta sanggup berkompetisi pada konstelasi internasional (Suryawan *et al.*, 2019). Sebagai konsekuensinya, institusi pendidikan mengemban tanggung jawab krusial sebagai agen pencetak SDM bermutu. Hal

tersebut direalisasikan melalui optimalisasi penguasaan kompetensi peserta didik, sehingga mereka dipersiapkan secara presisi untuk merespons kompleksitas tuntutan maupun tantangan pembelajaran di abad ke-21.

Dinamika kemajuan teknologi pada lanskap edukasi merepresentasikan urgensi bagi peserta didik agar memiliki penguasaan kompetensi yang semakin variatif sekaligus komprehensif. Paradigma instruksional pada era kontemporer telah bergeser dari sekadar transmisi teoretis semata, menuju eskalasi multidimensi atas kapabilitas yang berkesesuaian dengan tuntutan serta problematika abad ke-21. Di dalam kerangka yang dirumuskan oleh National Education Association (NEA), kecakapan esensial di abad ke-21 terangkum dalam empat pilar kompetensi fundamental (4C), yang mencakup aspek *Creativity and innovation*, *Communication*, *Critical thinking and problem solving*, serta *Collaboration*. Dalam rangka mengakselerasi pembentukan kecakapan tersebut, otoritas pendidikan di Indonesia telah menginisiasi serangkaian reformasi struktural. Langkah ini bermanifestasi pada transformasi kebijakan, bermula dari Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) 2006 menuju Kurikulum 2013, hingga bermuara pada implementasi Kurikulum Merdeka (Alfiah & Dwikoranto, 2022).

Di dalam arsitektur Kurikulum Merdeka, terdapat sejumlah orientasi strategis yang dicanangkan oleh negara, pembentukan nalar analitis atau pemikiran kritis menjadi salah satu sasaran utamanya. Secara konseptual, nalar kritis berkedudukan sebagai bagian integral dari kapabilitas kognitif tingkat tinggi. Entitas ini berwujud mekanisme komprehensif dalam menelusuri, memproduksi, menganalisis, menghimpun, serta mengonseptualisasikan kepingan informasi guna dijadikan pedoman, yang mana proses ini digerakkan oleh kesadaran metakognisi guna

menstimulasi daya cipta (Zulianti *et al.*, 2024; Dini *et al.*, 2022). Signifikansi nalar analitis ini amat krusial dalam mengurai kompleksitas sebuah problematika. Oleh karena itu, kecakapan tersebut menjadi prasyarat mutlak dalam proses merumuskan keputusan yang presisi (Sujanem *et al.*, 2020). Guna merealisasikan target tersebut, ekosistem pedagogis di lingkungan persekolahan mutlak direorientasi. Fokus instruksional harus bertransisi dari sekadar pemahaman konten saintifik, menuju pada pengasahan instrumen kognitif serta kecakapan pemecahan masalah (*problem-solving*) peserta didik, dengan penekanan yang spesifik pada determinasi nalar kritis.

Ekskalasi nalar kritis dapat diupayakan lewat pelbagai pendekatan instruksional, wabilkhusus melalui integrasi disiplin ilmu sains. Karakteristik rumpun keilmuan ini secara inheren menstimulasi peserta didik untuk mengeksekusi tinjauan analitis, melangsungkan tahapan evaluasi, hingga merumuskan konklusi yang berpijak pada validitas empiris (Jamila *et al.*, 2023; Aisyah & Gunada, 2024). Sebagai salah satu pilar fundamental di ranah sains, fisika memfokuskan observasinya pada telaah fenomena alamiah yang senantiasa berekspansi seiring dengan dinamika aktivitas saintifik (Pieter & Risamasu, 2024). Dimensi produk yang terkonstruksi di dalam kerangka pedagogis fisika merepresentasikan akumulasi kognisi yang mencakup generalisasi, konseptualisasi, prinsip dasar, postulat, dan teori keilmuan. Di samping itu, dimensi ini turut merangkum prosedur yang terbentuk dari siklus investigasi objektif guna mengkaji sekaligus mengekspansi pemahaman terkait gejala-gejala alam (Alfiah & Dwikoranto, 2022). Orientasi esensial dari pendidikan fisika itu sendiri bermuara pada pengayaan spektrum pengalaman maupun kecakapan teknis pembelajar, yang

berkesinambungan dengan penajaman daya kognitif. Melalui kapasitas tersebut, peserta didik diproyeksikan sanggup menginterpretasikan berbagai manifestasi fisis sekaligus merespons problematika yang menuntut penyelesaian secara analitis dan inovatif.

Akan tetapi, realitas empiris di lapangan justru mengindikasikan bahwa kapasitas nalar kritis pelajar di Indonesia masih terjerembap pada klasifikasi yang minim. Fenomena ketertinggalan ini terefleksikan secara gamblang melalui hasil dari berbagai instrumen evaluasi global yang memotret ekuivalensi kompetensi akademis lintas negara (Deswita *et al.*, 2024). Fakta tersebut terkonfirmasi oleh publikasi asesmen *The Programme for International Student Assessment* (PISA) edisi 2022. Dari total partisipasi 81 entitas negara yang mencakup 37 anggota *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD) serta 44 negara kemitraan posisi Indonesia hanya sanggup menduduki urutan ke-63. Pada instrumen pengukuran tersebut, representasi pelajar nasional mencatatkan agregat nilai sebesar 366 untuk kapabilitas numerasi (matematika), 359 pada aspek literasi bacaan, dan 383 dalam domain sains. Kalkulasi perolehan tersebut secara kasatmata masih tergolong defisit apabila dikomparasikan dengan standar pencapaian negara partisipan lainnya, patokan rata-rata internasional mencatatkan skor 472 untuk keahlian matematika, 476 pada ranah literasi, serta 485 untuk kompetensi sains (OECD, 2023).

Mengacu pada rincian data pemaparan sebelumnya, dapat ditarik konklusi bahwasanya mutu sistem pedagogis di Indonesia tengah dihadapkan pada pelbagai rintangan yang kompleks. Defisitnya kapasitas kognitif tingkat tinggi, dengan penekanan spesifik pada nalar analitis peserta didik, menjadi salah satu determinan

utama yang menghambat optimalisasi mutu edukasi nasional (Sarwanto *et al.*, 2021). Minimnya kapabilitas nalar kritis ini mengimplikasikan munculnya hambatan bagi pembelajar kala melakukan telaah maupun mengurai komplikasi suatu masalah, yang pada akhirnya mendegradasi akumulasi prestasi akademis mereka, khususnya pada domain literasi bacaan, sains, maupun numerasi. Postulat ini selaras dengan temuan investigasi Asafa *et al.* (2023) yang memvalidasi eksistensi korelasi positif bernilai kuat antara ekuivalensi nalar analitis dengan luaran hasil pembelajaran siswa.

Fenomena degradasi nalar kritis pembelajar tersebut turut terkonfirmasi oleh serangkaian pembuktian empiris lintas riset. Sebagai representasi, kajian yang dieksekusi oleh Deswita *et al.* (2024) mendokumentasikan kecenderungan tenaga pendidik yang masih mengandalkan instruksi konvensional berbasis ceramah di dalam kelas. Realitas tersebut merepresentasikan adanya stagnasi atau minimnya ragam inovasi dalam pemilihan desain maupun pendekatan instruksional oleh guru, yang bermuara pada tumpulnya daya cipta serta kerangka berpikir analitis peserta didik. Indikasi serupa turut diekspos melalui publikasi Noviyanti *et al.* (2024), yang menggarisbawahi urgensi eskalasi nalar kritis mengingat partisipasi siswa dalam rutinitas akademik acapkali tereduksi menjadi aktivitas pasif, yakni sekadar menyimak dan merangkum ujaran pengajar. Sejalan dengan hal itu. Aisyah dan Gunada (2024) memaparkan temuan bahwa level pemikiran analitis pelajar masih berada pada taraf yang amat minim. Degradasi ini terindikasi kuat sebagai imbas dari kultur edukasi yang terlampau berpusat pada asupan memori (hafalan) serta transmisi searah (ceramah), sehingga secara drastis membatasi ruang pelibatan aktif peserta didik di sepanjang siklus pembelajaran.

Investigasi yang dieksekusi oleh Wilujeng *et al.* (2024) turut mengafirmasi bahwasanya eskalasi kemampuan nalar analitis pembelajar akan mengalami stagnasi manakala desain instruksional masih didominasi oleh pendekatan konvensional berbasis ceramah yang sepenuhnya dikendalikan oleh pendidik. Lebih lanjut, observasi Sujanem *et al.* (2022) mendokumentasikan fakta bahwa kapasitas berpikir kritis peserta didik di SMA Negeri 2 Singaraja masih berada pada taraf yang belum memadai. Representasi dari defisit tersebut tervisualisasi melalui akumulasi skor rerata *pretest* siswa yang tergolong minim, yakni hanya menyentuh angka 30,6 dari skala maksimum 100.

Berdasarkan akumulasi temuan dari berbagai riset tersebut, tampak secara kasatmata eksistensi disparitas antara kondisi ideal yang diharapkan dengan realitas empiris di lingkungan sekolah. Ketimpangan ini terefleksikan lewat minimnya perolehan akademis pelajar, yang secara langsung dipengaruhi oleh rendahnya daya nalar analitis. Salah satu pemicu fundamental dari kondisi tersebut adalah iklim edukasi yang belum memfasilitasi penajaman kecakapan kritis secara optimal. Secara praksis, orientasi pengajaran masih bertumpu kuat pada figur pendidik, sehingga mereduksi signifikansi keterlibatan peserta didik di sepanjang siklus belajar mengajar (Aisyah & Gunada, 2024). Salah satu paradigma instruksional yang merepresentasikan pendekatan berpusat pada pendidik adalah model *Direct Instruction* (DI). Implementasi model DI ini umumnya berwujud metode ceramah, pemaparan langsung, sesi tanya jawab, hingga peragaan demonstratif, yang pada akhirnya mendegradasi peran siswa menjadi sekadar penerima informasi yang pasif (Alimuddin *et al.*, 2021). Desain pedagogis serta rutinitas akademik yang terpusat pada pendidik semacam ini niscaya mendisrupsi ruang gerak pembelajar, sekaligus

memberikan dampak terhadap ekuivalensi nalar kritis awal siswa sebelum intervensi penelitian diimplementasikan (Sundari & Sarkity, 2021). Merujuk pada rasionalisasi tersebut, kemampuan analitis prasyarat ini wajib dikendalikan dan diposisikan sebagai variabel kontrol atau kovariat di dalam prosedur analisis data, guna menjamin presisi luaran riset sekaligus mengeliminasi potensi bias.

Merespons pelbagai komplikasi di atas, urgensi akan hadirnya terobosan pedagogis yang selaras dengan tuntutan era Industri 5.0 menjadi sebuah keniscayaan. Terobosan ini bermanifestasi melalui adopsi desain pembelajaran berpusat pada siswa yang sanggup mengeskalisasi kapasitas kritis guna mengurai problematika, sembari mengintegrasikan teknologi sebagai suplemen esensial dalam proses edukasi. Pada dimensi lain, kerangka pembelajaran yang diaplikasikan dituntut mampu menghadirkan retensi memori jangka panjang lewat pengalaman belajar yang bermakna, sehingga pembelajar tidak sekadar mengandalkan asupan hafalan teoretis semata (Pieter & Risamasu, 2024). Lebih dari itu, model instruksional harus memfasilitasi otonomi siswa untuk belajar secara fleksibel tanpa batasan ruang maupun waktu serta memanfaatkan ragam sumber yang relevan. Ekosistem ideal tersebut dapat direalisasikan lewat implementasi model *Problem Based Learning* (PBL) di dalam interaksi kelas (Pieter & Risamasu, 2024).

PBL diestimasikan sebagai alternatif strategis yang sanggup didayagunakan untuk menstimulasi daya kritis peserta didik. Paradigma PBL menjadikan sebuah komplikasi atau masalah konkret sebagai titik tolak bagi pelajar untuk menghimpun sekaligus merangkai pengetahuan mutakhir (Dahri, 2022; Sujanem *et al.*, 2025). Lewat skema PBL, pembelajar tidak sebatas menjadi reseptor materi, melainkan

turut berpartisipasi proaktif di dalam siklus pembelajaran. Nilai tambah dari kerangka PBL ini terletak pada probabilitas pencapaian pemahaman substansial, mengingat siswa didorong untuk terjun langsung mengurai problematika yang berkorelasi lekat dengan konteks materi (Aisyah & Gunada, 2024). Sistem ini turut memberikan tantangan kognitif yang memicu kepuasan intrinsik manakala pembelajar sukses memformulasikan resolusi alternatif. Di samping itu, PBL memfasilitasi penajaman instrumen analitis lewat paparan kasus autentik maupun simulasi, yang secara simultan mentransformasi siswa menjadi individu pembelajar yang mandiri serta berintegritas terhadap progres akademiknya (Noviyanti *et al.*, 2024).

Selaras dengan eskalasi inovasi digital, perangkat media kian masif didayagunakan sebagai sarana transmisi informasi dan literasi. Pemanfaatan instrumen teknologi tersebut menawarkan presipitasi manfaat dalam menopang aksesibilitas kognitif di sepanjang siklus pedagogis (Deswita *et al.*, 2024). Khusus pada lanskap edukasi fisika, *Physics Education Technology* (PhET) hadir sebagai instrumen pembelajaran berbasis teknologi yang didesain guna mengoptimalkan tahapan instruksional (Utami *et al.*, 2024). PhET merepresentasikan media simulasi interaktif terkait ragam gejala fisis yang dikembangkan berlandaskan riset mendalam. Fitur simulasi yang disajikan oleh PhET dikonstruksi melalui landasan empiris, sehingga kapabel dalam memvisualisasikan manifestasi dunia nyata sekaligus memperkuat penguasaan konsep yang tengah dikaji. Platform PhET menitikberatkan pada korelasi antara realitas empiris dengan teori fundamental penyertanya, mendukung pendekatan interaktif dan konstruktivistik, mengakomodasi umpan balik, serta menyediakan ruang kerja reka cipta yang

imajinatif (Banda & Nzabahimana, 2021; Sujanem *et al.*, 2025). Eksistensi simulasi PhET ini diyakini sangat ampuh dalam merestorasi atensi pelajar agar senantiasa berkonsentrasi penuh selama sesi pembelajaran berlangsung (Wilujeng *et al.*, 2024). Fusi antara model PBL bersuplemen simulasi PhET dipilih lantaran dinilai kapabel dalam memaksimalkan eksploitasi teknologi pada rutinitas akademik, sekaligus membekali generasi masa depan dalam menghadapi disrupsi era Revolusi 5.0, intervensi digital telah merambah seluruh spektrum kehidupan. Melalui integrasi PBL dan PhET, peserta didik dikondisikan untuk mengoptimalkan perangkat digital sebagai katalisator penunjang pemahaman. Pengaplikasian rancangan ini sekaligus merepresentasikan fase inisial dalam mengakomodasi kompetensi esensial abad dua puluh satu, wabilkhusus pemikiran analitis atau nalar kritis (Agustina *et al.*, 2024).

Validitas empiris yang membenarkan dampak konstruktif dari penggunaan model PBL berbantuan simulasi PhET telah dikonfirmasi melalui serangkaian tinjauan akademis. Representasi pertama bersumber dari riset Deswita *et al.* (2024), yang memverifikasi bahwa paradigma PBL mampu mengeskalisasi nalar analitis pelajar. Postulat ini dibuktikan lewat rasio perolehan *pretest* siswa sebesar 75,25 persen, yang melonjak pada hasil *posttest* ke angka 83,75 persen, disertai kalkulasi gain ternormalisasi yang menyentuh 75 persen; angka tersebut menandakan tingkat efektivitas PBL yang mumpuni dalam mendongkrak kapasitas berpikir peserta didik. Temuan senada diekspos oleh Noviyanti *et al.* (2024) yang mendeklarasikan bahwa aplikasi PBL berbasis PhET sukses mempertajam kemampuan analitis kritis siswa. Keberhasilan ini terindikasi dari ekuivalensi nilai rerata nalar kritis pada kelompok eksperimen yakni 72,03, yang secara matematis melampaui capaian

kelas kontrol yakni 59,72. Lebih jauh, Aisyah dan Gunada (2024) turut memaparkan signifikansi impact positif dari intervensi PBL bersuplemen simulasi PhET terhadap kecakapan analitis pelajar, yang merepresentasikan dari disparitas nilai rerata; kelas eksperimen menorehkan angka 65,58, mengungguli perolehan kelas kontrol yang tertahan di angka 53,75.

Kajian ekuivalen yang dikerjakan oleh Wilujeng *et al.* (2024) turut mereplikasi konklusi serupa, yakni terjadinya progresivitas pada nalar kritis siswa berkat implementasi skenario PBL yang dikolaborasikan dengan simulasi PhET. Pada dimensi lain, Sujanem *et al.* (2022) telah mengevaluasi tingkat efektivitas modul elektronik berbalut kerangka PBL berbantuan PhET terhadap kecakapan analitis pelajar. Luaran dari riset tersebut mengafirmasi bahwa bahan ajar digital berbasis PBL dengan dukungan PhET terbukti mumpuni dalam mengakselerasi daya berpikir analitis tingkat tinggi peserta didik.

Berpijak pada segenap argumentasi dan pemaparan di atas, optimalisasi mutu edukasi fisika melalui peningkatan kecakapan nalar kritis siswa dipandang sebagai sebuah urgensi mutlak. Orientasi penelitian ini diformulasikan guna menganalisis signifikansi impact dari intervensi model PBL berbantuan simulasi PhET terhadap kemampuan analitis pembelajar, secara spesifik pada ruang lingkup pembelajaran fisika. Mengacu pada konstelasi permasalahan yang telah diuraikan secara komprehensif, peneliti menetapkan kajian ini dengan mengusung penelitian berjudul **“Pengaruh Model *Problem Based Learning* Berbantuan Simulasi PhET Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah apakah terdapat perbedaan keterampilan berpikir kritis antara siswa yang mengikuti pembelajaran dengan model PBL berbantuan simulasi PhET, model PBL, dan model DI?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini, yaitu untuk mendeskripsikan perbedaan keterampilan berpikir kritis antara siswa yang difasilitasi dengan PBL berbantuan simulasi PhET, PBL, dan DI.

1.4 Manfaat Hasil Penelitian

Manfaat penelitian ini ditinjau dari dua aspek, yaitu manfaat teoretis dan manfaat praktis. Manfaat teoretis mengacu pada kontribusi penelitian terhadap pengembangan teori belajar dan pembelajaran melalui justifikasi empiris dan teoretis terhadap model PBL berbantuan simulasi PhET dalam upaya pencapaian keterampilan berpikir kritis. Manfaat praktis merupakan manfaat yang dapat memberikan dampak secara langsung terhadap komponen-komponen pembelajaran di sekolah.

1.4.1 Manfaat Teoritis

Manfaat teoretis penelitian ini adalah memperkaya kajian teori pembelajaran konstruktivisme, khususnya terkait penerapan model PBL berbantuan simulasi PhET dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Selain itu, penelitian

ini memberikan bukti empiris mengenai pengaruh penggunaan model PBL berbantuan simulasi PhET terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran fisika.

1.4.2 Manfaat Praktis

- a. Bagi siswa, tahapan perumusan hipotesis yang melibatkan agenda pertukaran kognitif serta penelusuran informasi antarkolega sebaya di dalam kelas mampu menjadi wadah untuk menajamkan daya nalar analitis. Kapasitas ini sangat krusial guna memecahkan berbagai problematika yang disajikan, sekaligus merumuskan jalan keluar atas ragam kendala yang muncul di sepanjang siklus belajar mengajar.
- b. Bagi guru, luaran dari riset ini berpotensi untuk diimplementasikan sebagai opsi strategi pengajaran mutakhir guna mendongkrak kapasitas pemikiran kritis peserta didik. Lebih jauh, paradigma *Problem Based Learning* (PBL) bersuplemen simulasi PhET dapat diposisikan sebagai rujukan strategis bagi instruktur dalam menyeleksi desain pedagogis yang presisi demi mengakselerasi nalar analitis pelajar, wabillhusus pada ranah edukasi fisika.
- c. Bagi sekolah, temuan studi ini diproyeksikan sanggup menyumbangkan kontribusi pemikiran terkait penetapan paradigma instruksional progresif demi mengeskalasi mutu akademik. Lewat adopsi kerangka PBL dengan

dukungan platform PhET, pihak sekolah diyakini mampu memfasilitasi penajaman kecakapan analitis pelajar, terutama pada domain sains fisika.

1.5 Ruang Lingkup dan Keterbatasan Penelitian

Investigasi ini dieksekusi di lingkungan SMA Negeri 1 Singaraja, dengan melibatkan partisipan dari jenjang kelas XI pada termin paruh waktu kedua atau semester genap periode akademik 2025/2026. Fokus kajian dipusatkan secara eksklusif pada pokok bahasan Fluida Statis, kedalaman materinya telah diselaraskan dengan pedoman Kurikulum Merdeka.

Komponen variabel di dalam studi ini terklasifikasi menjadi dua kategori, yakni dimensi independen dan dependen. Variabel independen berwujud paradigma pengajaran yang terbagi ke dalam tiga klaster intervensi, meliputi skema PBL berbasis simulasi PhET, kerangka PBL konvensional, serta model *Direct Instruction* (DI). Sementara itu, variabel dependen difokuskan pada ekuivalensi nalar analitis pembelajar yang dievaluasi lewat instrumen uji berupa dua belas butir uraian panjang (esai). Soal tersebut didistribusikan secara proporsional menuju enam aspek fundamental, setiap aspek diwakili oleh dua instrumen pertanyaan.

1.6 Definisi Istilah

1.6.1 Definisi Konseptual

a. Model *Problem Based Learning* (PBL)

Model PBL merepresentasikan desain pedagogis yang memposisikan problematika autentik sebagai pijakan inisial bagi berlangsungnya siklus akademik

(Moallem *et al.*, 2019). Spesifikasi utama dari sistem PBL mencakup eksploitasi kasus sebagai stimulator kognitif, pemusatan fokus pada disiplin ilmu spesifik, pendorongan pelajar untuk mengeksekusi investigasi, penciptaan luaran konkret berupa rekaman visual maupun naskah laporan, serta pelibatan partisipan dalam kerja sama tim berskala minor (Arends, 2015).

b. Model *Direct Instruction* (DI)

Skema DI diformulasikan guna menopang siklus kognitif pembelajar lewat transmisi literasi prosedural maupun deklaratif yang disusun secara sistematis dan diinstruksikan melalui tahapan berjenjang (Hunaepi *et al.*, 2014). Pendekatan DI identik dengan gaya instruksional tradisional yang lazim dikenal sebagai sistem ceramah. Terminologi ini melekat lantaran penyampaian lisan telah sekian lama diandalkan sebagai medium interaksi verbal utama antara pendidik dan peserta didik di ruang kelas.

c. Simulasi PhET

Perangkat PhET berwujud sebuah inisiatif proyeksi yang merancang serangkaian peragaan dinamis guna memfasilitasi edukasi eksakta. Target esensial dari instrumen ini adalah menyederhanakan proses asimilasi konsep saintifik bagi pelajar melalui uji coba virtual. Media ini sanggup diakses baik pada mode dalam jaringan maupun luar jaringan secara gratis, serta memiliki dukungan translasi berbagai macam bahasa. Dengan memanfaatkan peranti PhET, pembelajar kapabel untuk merekayasa variabel, mengamati representasi visual, hingga menelaah gejala saintifik secara interaktif (Auer *et al.*, 2018).

d. Keterampilan Berpikir Kritis

Pemikiran analitis merepresentasikan mekanisme kognitif reflektif yang berorientasi pada penetapan resolusi terkait aspek keyakinan maupun tindakan operasional. Kapabilitas nalar analitis merangkum kompetensi untuk menelusuri, membedah, hingga merangkai ulang kepingan informasi yang sifatnya bisa diajarkan, dilatih, serta dikuasai secara komprehensif (Ennis, 2016). Klasifikasi dimensi analitis merujuk pada postulat Ennis (2016) meliputi rentetan tindakan yakni: 1) memformulasikan problematika; 2) menyajikan argumentasi logis; 3) mengeksekusi penarikan kesimpulan deduktif; 4) menginisiasi inferensi induktif; 5) melangsungkan tahapan peninjauan; 6) menetapkan konklusi dan mengimplementasikannya.

1.6.2 Definisi Operasional

Pemaknaan operasional pada riset ini berpijak pada dimensi dependen yang menjadi objek evaluasi, yakni ekuivalensi nalar analitis pelajar pada mata pelajaran fisika. Kecakapan berpikir kritis tersebut direpresentasikan melalui akumulasi poin yang diraih oleh peserta didik pasca mengerjakan dua belas instrumen uraian pada topik Fluida Statis. Instrumen ini dikonstruksi selaras dengan enam pilar pemikiran analitis yang bernaung di bawah payung Kurikulum Merdeka.

Uji kompetensi analitis ini diformulasikan dengan merujuk pada klasifikasi kecakapan nalar dari Ennis (2016), yang mencakup kapabilitas untuk mengidentifikasi komplikasi, melontarkan dalil yang rasional, mengaplikasikan

logika deduktif, menalar secara induktif, melaksanakan tahapan evaluasi, sampai pada fase perumusan serta pengaplikasian mandat penyelesaian.

a. Keterampilan Berpikir Kritis Awal Siswa

Kemampuan analitis fondasional diukur melalui penyelenggaraan uji pendahuluan atau *pretest* bagi setiap kelas perlakuan. Instrumen pembuka ini memuat dua belas pertanyaan esai yang diklasifikasikan ke dalam enam domain nalar kritis, setiap domainnya diwakili oleh dua butir pertanyaan. Ekuivalensi pemikiran awal pembelajar ini nantinya diposisikan sebagai parameter kovariat yang bertindak selaku pengendali statistika lewat mekanisme analisis peragam atau ANAKOVA.

b. Model *Problem Based Learning* (PBL)

Implementasi kerangka PBL diorientasikan guna menstimulasi pelajar dalam mengonstruksi literasi secara otonom, kendati tetap berada di bawah pengawasan serta instruksi pendidik. Paradigma PBL menjadikan peserta didik sebagai lakon sentral di ruang kelas, sehingga partisipasi aktif mereka mutlak diperlukan kala mengurai sebuah komplikasi. Rentetan prosedur pada skema PBL mencakup: 1) memformulasikan problematika; 2) mengondisikan pembelajar guna memulai rutinitas akademik; 3) mendampingi proses observasi baik secara tunggal maupun jamak; 4) memproduksi sekaligus mengekspos luaran karya; 5) membedah serta memvalidasi mekanisme penguraian masalah.

c. Model *Direct Instruction* (DI)

Kerangka DI yang diadaptasi pada riset ini merepresentasikan desain instruksional transmisi substansi ilmu didistribusikan secara luring dan searah oleh instruktur. Eksposisi materi tersebut mematuhi tahapan baku DI yang memuat: 1)

memaparkan target dan menyiagakan pelajar; 2) memvisualisasikan teori beserta kecakapan teknis; 3) mendampingi sesi praktik; 4) mengevaluasi tingkat serapan materi sekaligus melontarkan respons balasan; 5) membuka peluang bagi perpanjangan sesi latihan dan pengaplikasian; 6) menelaah karya pembelajar lalu mengomentari argumen mereka; 7) mendelegasikan beban tugas otonom kepada partisipan didik.

d. Model PBL berbantuan Simulasi PhET

Skema PBL berbasis platform PhET pada kajian ini didefinisikan sebagai arsitektur pedagogis yang mengawinkan prosedur baku PBL dengan eksploitasi visualisasi PhET selaku medium perantara untuk mempermudah asimilasi materi fisika. Perangkat PhET dioperasikan guna memanifestasikan wujud abstrak, melangsungkan observasi terhadap gejala fisis, memvalidasi dugaan sementara, sampai pada tahapan menghimpun rujukan esensial demi menuntaskan tantangan kognitif yang disajikan. Adapun sistematika operasional dari PBL berbantuan PhET mencakup: 1) menghadapkan pelajar pada kasus autentik; 2) mengoordinasikan partisipan agar siap mengikuti siklus edukasi; 3) mendampingi investigasi personal maupun kolektif dengan memaksimalkan fitur PhET; 4) menyusun lalu mempresentasikan produk akhir; serta 5) menelaah dan mengukur kelayakan metode penuntasan masalah.