

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Pedagogi Spesifik Ssubyek Digital (PSSD) berbasis RADEC berinfusi ESD pada tema *green energy*, sekaligus menguji efektivitasnya dalam menguatkan kompetensi ESD dan literasi keberlanjutan. Untuk mencapai tujuan tersebut, penelitian menggunakan pendekatan penelitian pengembangan yang dipadukan dengan *embedded experimental design*, yaitu sebuah desain eksperimen yang terintegrasi ke dalam proses pengembangan produk.

Bab ini menyajikan secara rinci: 1) jenis dan pendekatan penelitian yang digunakan; 2) prosedur pengembangan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD menggunakan model 4D (*Define, Design, Develop, Disseminate*); 3) subjek dan lokasi penelitian, teknik sampling; 4) instrumen yang digunakan beserta proses validasi dan uji cobanya; 5) teknik pengumpulan serta analisis data; 6) jadwal pelaksanaan, dan 7) alasan pemilihan metode. Dengan paparan yang sistematis, diharapkan pembaceraoleh pemahaman utuh tentang rancangan penelitian dan landasan setiap tahapannya.

#### **3.1 Jenis dan Desain Penelitian**

Penelitian ini merupakan *Educational Developmental Research* (EDR) atau disebut juga dengan penelitian pengembangan pendidikan, yang bertujuan untuk menghasilkan Pedagogi spesifik subyek Digital (PSSD) berbasis RADEC berinfusi *Education for Sustainable Development* (ESD) pada tema *green energy*. Produk yang dikembangkan diharapkan dapat membekali siswa SMP dengan kompetensi ESD dan literasi keberlanjutan secara kontekstual dan bermakna.

Model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Model 4D (*Define, Design, Develop, Disseminate*) yang dikembangkan oleh Thiagarajan, Semmel, dan Semmel (1974) kemudian diadopsi oleh Arvianto dkk, (2023). Model ini dipilih karena sistematis dan sesuai untuk merancang serta mengevaluasi produk

pembelajaran, terutama yang berbasis digital dan berorientasi pada kompetensi spesifik.

Selain itu, penelitian ini juga menerapkan pendekatan *embedded experimental design*, yaitu desain eksperimen yang diintegrasikan ke dalam proses pengembangan produk (Creswell & Creswell, 2017). Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk tidak hanya menghasilkan produk pembelajaran, tetapi juga langsung mengukur efektivitas penggunaannya pada tahap implementasi.

### **3.2 Prosedur Pengembangan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD dengan Model 4D**

Tahapan pengembangan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD mengadaptasi model 4D secara kontekstual: 1) *define*: meliputi (a) analisis kurikulum, (b) identifikasi karakteristik siswa, dan (c) pemetaan konsep ESD pada tema energi terbarukan; 2) *design*: mengembangkan (a) struktur konten digital, (b) aktivitas pembelajaran berbasis proyek, dan (c) instrument evaluasi; 3) *develop*: melakukan (a) validasi ahli (materi, media, dan pedagogi), (b) uji keterbacaan, dan (c) revisi produk; 4) *disseminate*: implementasi kelas terbatas dengan pengukuran efektivitas melalui *embedded experimental design*.

#### **3.2.1 Tahap *Define***

Tahap *define* merupakan fondasi awal dalam pengembangan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD. Pada tahap ini dilakukan serangkaian aktivitas untuk mengidentifikasi kebutuhan pengembangan, mengkaji literatur terkait kompetensi keberlanjutan, serta menganalisis konteks pembelajaran IPA di jenjang SMP pada tema *green energy*.

Penelitian diawali dengan analisis sistematis terhadap literatur kompetensi ESD dalam pendidikan IPA, sebagaimana dilaporkan dalam studi Ismail dkk. (2024; 2024) melalui metode *systematic literature review* menggunakan PRISMA dan bibliometrik. Hasil kajian menunjukkan bahwa lima kompetensi utama ESD menurut UNESCO – *systems thinking, future thinking, values thinking,*

*collaboration*, dan *action-oriented* – belum secara merata diintegrasikan dalam pendidikan sains tingkat SMP. Kompetensi yang paling dominan adalah *systems thinking* dan *collaboration*, sementara *future thinking* merupakan aspek yang paling jarang diteliti dan diajarkan (Ismail dkk, 2025).

Selanjutnya, dilakukan kajian konten terhadap buku teks IPA kelas 7 kurikulum 2013 semester dua pada topik "Makhluk Hidup dan Lingkungannya" di tujuh sekolah di Jambi. Hasil analisis menemukan bahwa aspek ESD yang paling dominan dalam buku teks adalah aspek lingkungan, sementara dimensi sosial-budaya dan ekonomi masih terfragmentasi dan belum terintegrasi secara utuh. Hal ini menegaskan pentingnya pembelajaran berbasis ESD yang lebih menyeluruh dan interdisipliner dalam sains sekolah menengah (Ismail dkk, 2022).

Sebagai langkah lanjutan, peneliti menyusun dan mendistribusikan angket analisis kebutuhan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD kepada 208 guru IPA di 23 provinsi di Indonesia (Ismail dkk, 2023). Hasil survei menunjukkan bahwa mayoritas guru: (1) belum familiar dengan konsep ESD secara formal; (2) merasa ESD penting tetapi sulit diimplementasikan, dan (3) mendukung perlunya pengembangan materi digital berbasis ESD untuk pembelajaran sains.

Dari seluruh data ini, diperoleh peta kebutuhan yang menekankan pentingnya: (1) Integrasi kelima kompetensi ESD ke dalam pembelajaran IPA; (2) Penyesuaian konten dengan konteks lokal dan kurikulum nasional; (3) Desain pedagogik yang adaptif seperti model RADEC untuk membangun pemikiran kritis dan reflektif; (4) Dukungan media digital interaktif untuk memfasilitasi partisipasi siswa dalam konteks *green energy*. Hasil tahap *define* ini menjadi dasar dalam penyusunan struktur awal konten, desain instruksional, dan instrumen pengukuran pada tahap berikutnya (*design* dan *develop*).

### **3.2.2 Tahap Design**

Tahap *design* merupakan proses perancangan sistematis terhadap struktur, isi, dan media dalam pengembangan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD. Kegiatan dalam tahap ini bertujuan untuk menghasilkan rancangan awal produk yang sesuai dengan capaian pembelajaran, konteks keberlanjutan, dan karakteristik siswa SMP.

### 3.2.2.1 Penyusunan Alur dan Struktur Pembelajaran

Langkah awal desain dilakukan dengan menyusun Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) untuk tema "Energi Hijau" pada mata pelajaran IPA kelas VIII, yang mengintegrasikan aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan secara eksplisit. ATP ini mencakup pemahaman konsep usaha dan energi, eksplorasi sumber energi terbarukan, serta dampaknya terhadap masyarakat dan lingkungan.

Selanjutnya, disusun Modul Ajar dan LKPD berbasis model pembelajaran RADEC. Setiap LKPD dirancang untuk mencerminkan prinsip pedagogi ESD, dengan aktivitas kontekstual, studi kasus, dan proyek berbasis komunitas.

### 3.2.2.2 Integrasi Kompetensi ESD dan SDGs 7

Dalam perancangannya, PSSD ini juga merujuk pada *Learning Outcomes* SDGs 7 untuk pendidikan menengah, yang mencakup tiga domain: (1) Pengetahuan tentang siklus produksi energi dan dampaknya; (2) Keterampilan seperti evaluasi konsumsi energi dan desain solusi alternatif; dan (3) Nilai dan Sikap, termasuk tanggung jawab atas pilihan hidup berkelanjutan dan advokasi perubahan.

Setiap tujuan pembelajaran dalam modul dan LKPD secara eksplisit dirancang untuk membekali siswa dengan kompetensi ESD UNESCO: berpikir sistem, antisipatif, normatif, strategi, kolaboratif, berpikir kritis, kesadaran diri, dan pemecahan masalah terintegrasi.

### 3.2.2.3 Hasil Desain Awal Produk

Tahap desain awal berhasil menghasilkan beberapa komponen produk pembelajaran yang komprehensif. Produk utama terdiri dari dua modul ajar tematik tentang energi hijau yang berbasis prinsip ESD. Selain itu, telah dikembangkan empat lembar kerja peserta didik (LKPD) digital interaktif yang mencakup topik-topik kunci seperti usaha dan energi, energi alternatif, transisi energi, serta krisis energi. Untuk mendukung proses pembelajaran, produk ini juga mengintegrasikan berbagai video pembelajaran dan aktivitas eksplorasi data digital.

Dalam rangka evaluasi, tim peneliti menyusun instrumen asesmen yang komprehensif untuk mengukur kompetensi ESD dan literasi keberlanjutan siswa,

yang mencakup instrumen awal (*pre-test*) dan akhir (*post-test*). Sistem penilaian dirancang berbasis proyek dengan mempertimbangkan aspek refleksi keberlanjutan.

Seluruh komponen produk ini dirancang dengan tiga tujuan utama. Pertama, untuk mendorong keterlibatan siswa secara aktif dan reflektif dalam proses pembelajaran. Kedua, produk ini bertujuan membangun keterampilan abad 21 yang esensial seperti kemampuan berkolaborasi, berpikir kritis, dan berkomunikasi efektif. Ketiga, desain pembelajaran ini secara khusus dirancang untuk membantu siswa mengaitkan konsep-konsep sains dengan tantangan nyata yang mereka temui di lingkungan sekitar mereka.

### **3.2.3 Tahap *Develop***

Tahap *develop* merupakan fase krusial dalam model pengembangan 4D yang mencakup proses validasi produk oleh ahli dan uji coba awal instrumen untuk memastikan bahwa PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD yang dikembangkan memenuhi kriteria validitas, kepraktisan, dan efektivitas. Kegiatan dalam tahap ini mencakup: (a) validasi produk PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD oleh ahli, (b) hasil pengembangan produk PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD, (c) uji coba instrumen kompetensi ESD dan literasi keberlanjutan, (d) analisis diagnostik soal prapembelajaran dan (e) refleksi siswa dalam produk PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD.

#### **3.2.3.1 Validasi Produk PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD oleh Ahli**

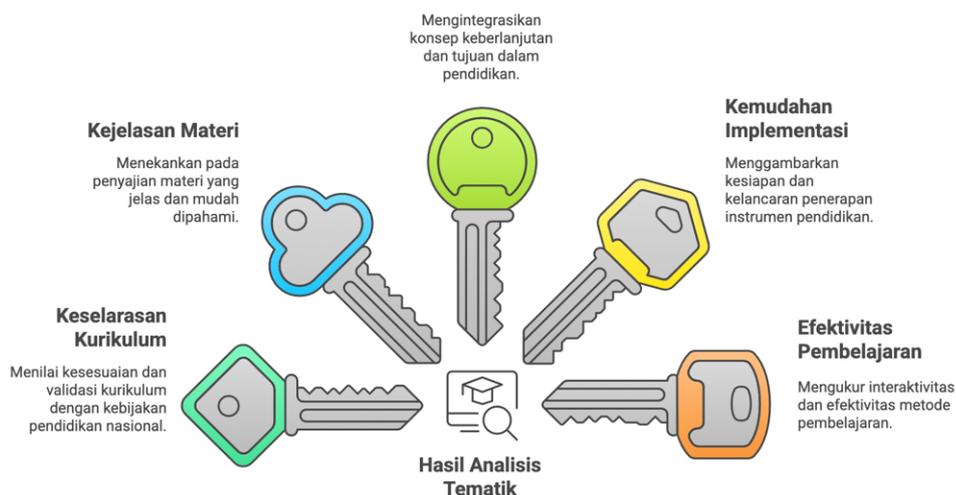
Tujuh validator dari bidang pendidikan IPA, pedagogi ESD, dan media digital mengevaluasi produk PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD berdasarkan 5 indikator dengan 25 pertanyaan. Penilaian menggunakan skala Likert 5 poin dan dianalisis menggunakan *Content Validity Index* (CVI).

Nilai i-CVI untuk seluruh indikator adalah 1.00, menandakan konsistensi validitas tinggi dari semua ahli.

Tabel 3.1 Rekapitulasi Validasi Produk PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD oleh Ahli

No	Kategori Validasi	i-CVI Score	Interpretasi
1	Keselarasan dengan kurikulum dan ATP	0,91	Sangat tinggi
2	Kejelasan dan penyajian materi	0,89	Sangat tinggi
3	Integrasi keberlanjutan (ESD & SDGs)	0,90	Sangat tinggi
4	Kemudahan implementasi	0,90	Sangat tinggi
5	Efektivitas pembelajaran dan media	0,88	Sangat tinggi

Hasil validasi menunjukkan bahwa seluruh aspek produk *PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD* mencapai tingkat validitas yang sangat tinggi ( $i\text{-CVI} = 0,88 - 0,91$ ), memenuhi standar akademik dan siap diimplementasikan dalam pembelajaran berbasis keberlanjutan. Data kuantitatif ini kemudian dikonversi menjadi analisis kualitatif melalui teknik analisis tematik untuk mendapatkan pemahaman lebih mendalam tentang: (1) aspek-aspek yang telah memenuhi kriteria excellence, dan (2) area yang masih memiliki potensi pengembangan lebih lanjut. Hasil lengkap analisis tematik ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Hasil analisis tematik PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD

Gambar 3.1 menunjukkan hasil analisis tematik, pendekatan ini memungkinkan identifikasi lebih lanjut terkait kekuatan dan aspek yang masih dapat ditingkatkan dari PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD sebelum implementasi di lapangan. Setelah melakukan analisis tematik, ditemukan lima

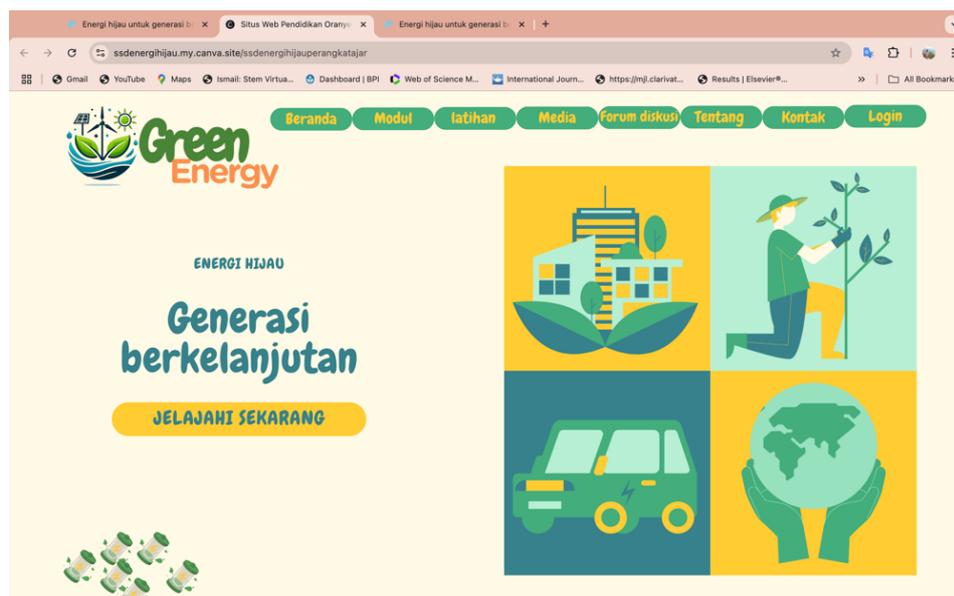
tema utama yang menggambarkan validitas PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD dari berbagai perspektif.

### **3.2.3.2 Hasil Pengembangan Produk PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD**

Hasil pengembangan produk PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD merupakan keluaran konkret dari tahap *define*, *design*, dan validasi, yang telah disempurnakan melalui masukan para ahli. Produk ini dirancang secara digital untuk mendukung pembelajaran sains yang terintegrasi dengan nilai-nilai keberlanjutan, sesuai dengan tema "Energi Hijau" dan prinsip-prinsip ESD.

PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD dikembangkan dalam bentuk platform digital berbasis web yang dapat diakses melalui berbagai perangkat, didukung dengan antarmuka interaktif, navigasi intuitif, dan integrasi multimedia. Di dalamnya terdapat modul ajar berbasis model RADEC, LKPD digital interaktif, e-book tematik, serta video pembelajaran yang disusun untuk merangsang eksplorasi, diskusi kritis, dan aksi nyata siswa terhadap isu keberlanjutan.

Selain perangkat pembelajaran, PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD juga dilengkapi dengan instrumen asesmen awal dan reflektif, serta ruang untuk aktivitas berbasis proyek, seperti perancangan rumah hemat energi dan kampanye digital. Seluruh elemen ini dirancang untuk memperkuat kompetensi ESD siswa dalam bentuk pengetahuan, keterampilan berpikir, nilai, dan komitmen tindakan yang kontekstual dan transformatif.

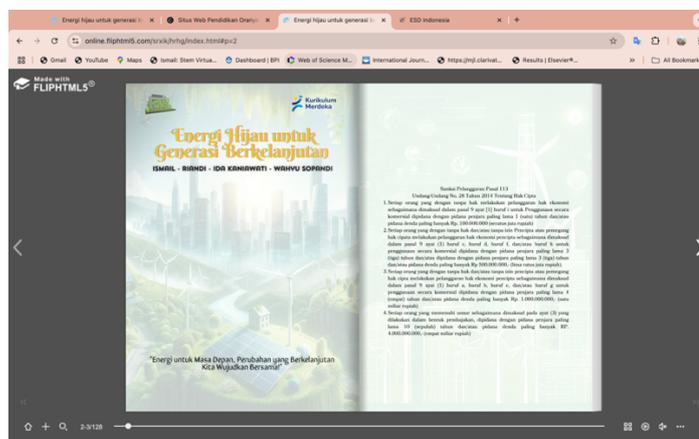


Gambar 3.2 Tampilan Halaman Beranda Platform PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.2, tampilan beranda platform PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD dirancang dengan mengedepankan prinsip kesederhanaan, fungsionalitas, dan daya tarik visual. Menu navigasi yang terdiri atas fitur beranda, modul, latihan, media, forum diskusi, tentang, dan kontak, disusun secara horizontal agar mudah diakses oleh pengguna. Struktur ini memungkinkan peserta didik maupun guru untuk dengan cepat berpindah antar bagian tanpa kebingungan, sehingga mendukung kelancaran proses pembelajaran. Selain itu, pemilihan ikon dan ilustrasi pada tampilan beranda memperkuat nuansa keberlanjutan dan kepedulian lingkungan yang menjadi karakter utama materi pembelajaran.

Desain platform PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD memperhatikan prinsip inklusivitas melalui penggunaan warna latar lembut dan font ramah pembaca yang sesuai dengan karakteristik siswa SMP, serta dilengkapi tombol ajakan Jelajahi Sekarang untuk mendorong eksplorasi aktif terhadap konten pembelajaran. Pendekatan partisipatif ini menempatkan siswa sebagai pelaku aktif dalam memahami isu keberlanjutan. Fitur unggulan berupa video pembelajaran kontekstual menyajikan fenomena energi hijau, eksperimen sederhana, dan studi kasus lokal, yang memvisualisasikan konsep abstrak secara konkret guna

meningkatkan minat dan pemahaman siswa. Selain platform web, PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD juga menyediakan buku ajar digital interaktif bertema energi hijau yang dirancang menarik, komunikatif, dan mendukung prinsip pendidikan berkelanjutan melalui akses daring yang mudah.



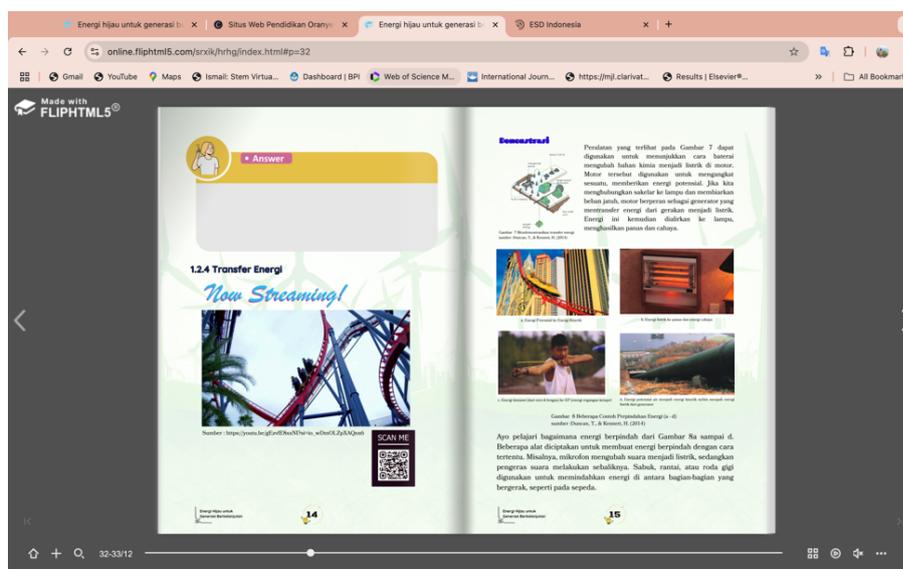
Gambar 3.3 Tampilan *E-book* Interaktif Energi Hijau untuk Generasi Berkelanjutan

Sebagaimana terlihat pada Gambar 3.3, tampilan awal *e-book* Energi Hijau untuk Generasi Berkelanjutan memuat elemen visual yang mencerminkan semangat keberlanjutan, seperti ilustrasi kota ramah lingkungan, turbin angin, dan panel surya yang mendukung konteks pembelajaran energi hijau. Buku ini dikembangkan secara digital menggunakan format *flipbook* yang memungkinkan siswa membalik halaman secara virtual, sehingga menciptakan pengalaman membaca yang menarik dan interaktif.

*E-book* dalam PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD tidak hanya menyajikan materi konseptual sesuai capaian pembelajaran, tetapi juga mengintegrasikan elemen multimedia seperti tautan video, *QR code*, dan ilustrasi kontekstual untuk mendukung gaya belajar visual dan karakter digital-native siswa. Akses daring memungkinkan pembelajaran yang fleksibel dan terbuka, sekaligus memperkuat ekosistem digital yang ramah teknologi. Video pembelajaran yang disematkan berisi demonstrasi visual, simulasi konsep energi hijau, dan aplikasi nyata dalam kehidupan sehari-hari, sehingga membantu siswa memahami konsep abstrak secara kontekstual dan interaktif.

Ismail, 2025

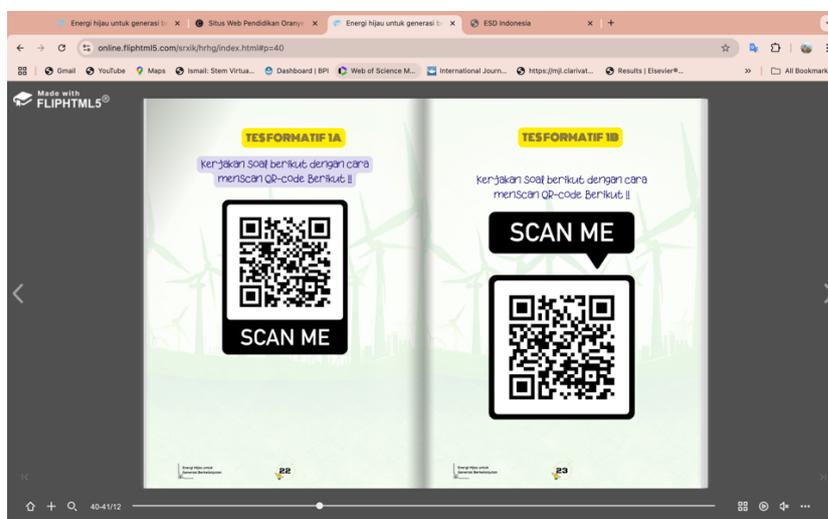
**Pengembangan Pedagogi Spesifik Subyek Berbasis RADEC Berinfusi ESD Pada Tema Green Energy untuk Penguatan Kompetensi dan Literasi Keberlanjutan Siswa SMP**  
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



Gambar 3.4 Integrasi Video Pembelajaran dalam Buku Digital

Gambar 3.4 menampilkan halaman dalam *e-book* digital yang menggabungkan teks pembelajaran dengan media visual berupa video dan ilustrasi pendukung, di mana penyematan tautan video melalui *QR code* atau langsung dari platform menjadikan proses pembelajaran lebih dinamis dan imersif; siswa tidak hanya membaca deskripsi tentang konsep energi, tetapi juga dapat menyaksikan penerapan konsep tersebut dalam situasi nyata seperti demonstrasi transfer energi atau penggunaan energi alternatif dalam kehidupan sehari-hari. Pendekatan ini memperkuat aspek multisensori dalam pembelajaran yang terbukti meningkatkan daya serap informasi dan retensi jangka panjang, sekaligus memungkinkan siswa mengakses video secara mandiri sesuai ritme dan gaya belajar masing-masing sehingga mewujudkan prinsip diferensiasi dalam pendidikan. Integrasi video dalam modul digital tidak hanya membangun koneksi antara pengetahuan dan aksi nyata keberlanjutan sebagai inti kompetensi ESD, tetapi juga didukung oleh inovasi penggunaan *QR code* yang mengarahkan siswa ke kuis daring, materi pengayaan, dan sumber eksternal secara cepat dan efisien, menambah interaktivitas, melatih kemandirian dan literasi digital, serta memungkinkan penilaian formatif dilakukan secara real-time dengan umpan balik langsung, sehingga *QR code* yang disematkan

pada setiap sesi atau lembar kegiatan memudahkan siswa mengakses evaluasi berbasis digital dan menjadikan pembelajaran lebih efisien dan aktif.



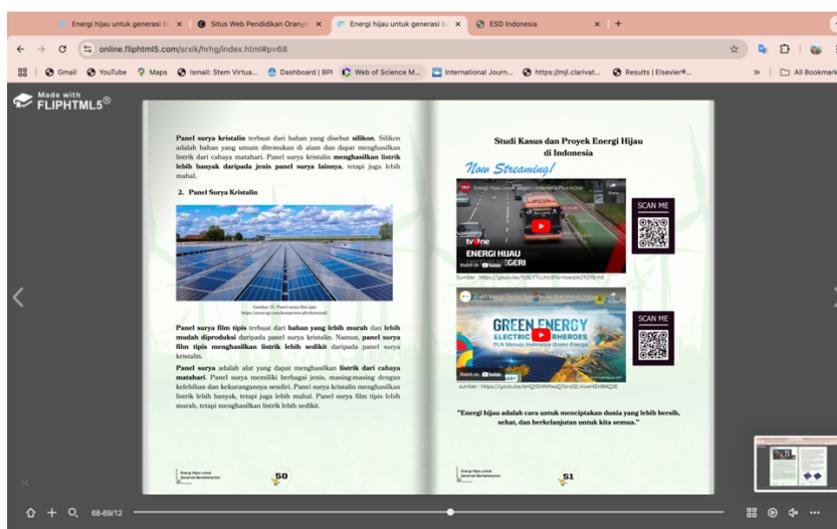
Gambar 3.5 Penggunaan QR Code dalam Modul Digital

Sebagaimana terlihat pada Gambar 3.5, halaman modul digital ini menyajikan dua set soal tes formatif yang dapat diakses melalui pemindaian QR code, sehingga peserta didik cukup menggunakan ponsel atau tablet untuk langsung masuk ke halaman kuis daring tanpa harus mengakses tautan secara manual; integrasi QR code ini tidak hanya meningkatkan efisiensi akses, tetapi juga menumbuhkan literasi digital siswa dalam memanfaatkan teknologi sebagai sarana belajar. Penggunaan QR code dalam evaluasi menciptakan lingkungan pembelajaran yang lebih responsif dengan memungkinkan guru memperoleh hasil secara otomatis melalui platform seperti *Google Form* dan memberikan umpan balik cepat dan akurat, sekaligus mendukung pembelajaran diferensiasi karena siswa dapat mengakses soal sesuai kesiapan belajar masing-masing. Dalam konteks PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD, QR code menjadi inovasi sederhana namun berdampak besar dalam memperkuat peran teknologi sebagai instrumen pembelajaran yang adaptif dan akuntabel, memungkinkan guru memantau capaian belajar siswa secara menyeluruh—mulai dari hasil kuis, partisipasi forum diskusi, hingga progres tugas proyek—melalui sistem terintegrasi yang mendukung prinsip *blended learning*. Teknologi dalam PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD tidak

Ismail, 2025

*Pengembangan Pedagogi Spesifik Subyek Berbasis RADEC Berinfusi ESD Pada Tema Green Energy untuk Penguatan Kompetensi dan Literasi Keberlanjutan Siswa SMP*  
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

hanya alat bantu, melainkan bagian dari ekosistem pembelajaran yang dinamis dan partisipatif, sementara materi berbasis studi kasus dan praktik baik energi hijau di Indonesia disajikan melalui video dokumenter yang dapat diakses lewat tautan streaming atau QR code dalam buku ajar digital, memperkaya wawasan siswa tentang penerapan energi terbarukan sekaligus membangun kesadaran akan pentingnya inovasi lokal dalam pembangunan berkelanjutan.



Gambar 3.6 Studi Kasus dan Video Pembelajaran Energi Hijau

Sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3.6, materi pembelajaran dalam PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD tidak hanya bersifat konseptual, tetapi juga menekankan konteks nyata melalui studi kasus implementasi energi hijau di Indonesia. Video yang disematkan dalam halaman tersebut, seperti dokumentasi proyek kendaraan listrik, pengembangan energi surya, serta inisiatif hijau dari lembaga pemerintah dan swasta, bertujuan memperkuat hubungan antara pengetahuan sains dan realitas sosial-ekologis yang dihadapi masyarakat. Dengan menampilkan contoh konkret dari lingkungan nasional, siswa diajak memahami bahwa isu keberlanjutan bukanlah konsep abstrak, melainkan bagian dari kehidupan sehari-hari yang memerlukan keterlibatan aktif mereka.

Untuk memperkuat implementasi pembelajaran berbasis proyek, PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD dirancang agar memungkinkan peserta didik terlibat langsung dalam kegiatan perancangan solusi kontekstual. Salah satu bentuk konkret dari pendekatan ini adalah kegiatan proyek Desain Rumah Hemat Energi,

Ismail, 2025

*Pengembangan Pedagogi Spesifik Subyek Berbasis RADEC Berinfusi ESD Pada Tema Green Energy untuk Penguatan Kompetensi dan Literasi Keberlanjutan Siswa SMP*  
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

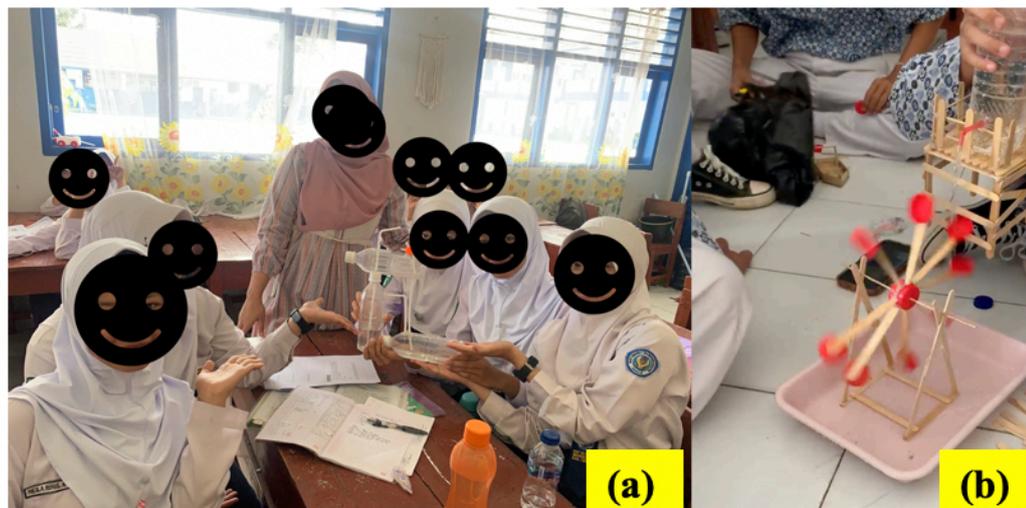
di mana siswa diminta untuk mengidentifikasi permasalahan konsumsi energi di lingkungan rumah, lalu merancang model solusi yang mengedepankan prinsip efisiensi energi. Gambar berikut menampilkan hasil karya siswa dalam bentuk miniatur rumah hemat energi.



Gambar 3.7 Proyek miniatur rumah hemat energi oleh siswa (a) kolaborasi siswa, (b) produk hasil, (c) komponen rumah hemat energi

Sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3.7, proyek miniatur rumah hemat energi menjadi media pembelajaran yang sangat efektif untuk menggabungkan antara pengetahuan ilmiah dan keterampilan praktis siswa. Dalam pengerjaan proyek ini, siswa secara kolaboratif merancang struktur rumah yang memanfaatkan pencahayaan alami, ventilasi silang, serta material daur ulang untuk menunjukkan efisiensi dan keberlanjutan. Proyek ini tidak hanya menekankan aspek teknis, tetapi juga melibatkan proses berpikir sistemik, pengambilan keputusan, dan diskusi nilai dalam menentukan desain yang ramah lingkungan.

Melalui kegiatan proyek, siswa didorong untuk berpikir sebagai inovator muda yang peduli terhadap tantangan energi global. Proyek semacam ini menumbuhkan kepercayaan diri siswa dalam menerapkan pengetahuan sains ke dalam konteks kehidupan nyata, sekaligus meningkatkan keterlibatan mereka dalam proses pembelajaran. Ketika siswa dapat melihat langsung hasil dari upayanya, mereka memahami makna pembelajaran secara lebih mendalam. Hal ini menunjukkan bahwa kontekstualisasi tema *green energy* dapat diimplementasikan secara nyata, kreatif, dan bermakna di dalam kelas.



Gambar 3.8 Eksperimen Turbin Mini Menggunakan Botol Bekas. (a) guru mendampingi siswa membuat proyek turbin mini, (b) produk siswa turbin mini

Sebagaimana terlihat pada Gambar 3.8, eksperimen turbin mini yang dibuat dari botol bekas merupakan contoh penerapan pembelajaran sains berbasis praktik yang kontekstual dan kreatif. Siswa dilibatkan dalam seluruh proses mulai dari perencanaan desain, pemilihan bahan, perakitan alat, hingga pengujian dan refleksi hasil eksperimen. Aktivitas ini tidak hanya meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep transformasi energi, tetapi juga mendorong keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, serta kesadaran terhadap penggunaan kembali barang bekas sebagai bagian dari upaya keberlanjutan.

Kegiatan dalam PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD memberikan pengalaman belajar yang bermakna dengan memungkinkan siswa melihat secara langsung penerapan konsep sains dalam praktik nyata, sekaligus merangsang rasa ingin tahu dan membentuk kebiasaan inkuiri ilmiah. Pendekatan ini menempatkan siswa sebagai aktor utama dalam eksplorasi dan penciptaan solusi, membentuk pola pikir berkelanjutan dan sikap proaktif terhadap tantangan lingkungan. Pemilihan sumber belajar juga memperhatikan konteks lokal dan nasional, seperti buku ajar Energi Hijau untuk Generasi Berkelanjutan yang menyajikan topik energi dengan pendekatan naratif, visual, dan data faktual dari berbagai wilayah Indonesia, dilengkapi infografik, video, dan QR code untuk menghubungkan siswa langsung

ke proyek energi hijau di lapangan. Semua aktivitas pembelajaran dirancang tidak hanya untuk mentransfer pengetahuan ilmiah, tetapi juga untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis, sikap keberlanjutan, dan kemampuan memecahkan masalah nyata secara kontekstual dan aplikatif.

Sebagai pelengkap, PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD juga menyediakan kuis interaktif daring sebagai bagian dari evaluasi berbasis teknologi. Kuis ini dirancang dengan Google Form untuk memudahkan pengumpulan data, penilaian otomatis, dan pelacakan hasil belajar. Peserta didik dapat mengakses soal langsung melalui tautan atau QR code yang tersedia, seperti ditunjukkan pada antarmuka kuis bertema energi kinetik dan potensial.

Gambar 3.9 Tampilan Kuis Interaktif Daring melalui Google Form

Sebagaimana terlihat pada Gambar 3.9, tampilan kuis interaktif yang dikembangkan menggunakan Google Form menampilkan soal pilihan ganda dengan desain sederhana namun fungsional. Instruksi yang jelas, antarmuka yang familiar, dan akses yang cepat menjadikan kuis ini mudah digunakan oleh siswa tanpa memerlukan pelatihan teknis tambahan. Format ini memungkinkan guru

melakukan asesmen secara efisien dan memperoleh hasil evaluasi secara real-time sebagai dasar perencanaan pembelajaran selanjutnya.

Lebih dari sekadar alat evaluasi, kuis digital ini juga berfungsi sebagai media reflektif bagi siswa untuk menilai tingkat penguasaan materi secara langsung. Dengan pengaturan skor dan kunci jawaban otomatis, siswa memperoleh umpan balik instan yang mendukung prinsip *assessment as learning*. Pendekatan ini mendorong keterlibatan aktif siswa dalam memahami kekuatan dan kelemahan belajarnya, sekaligus memotivasi perbaikan capaian belajar. Secara keseluruhan, integrasi teknologi digital dalam PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD memperkuat strategi pembelajaran adaptif, meningkatkan literasi digital, kemandirian, dan efektivitas pembelajaran berkelanjutan sesuai tuntutan kompetensi abad ke-21.

Sebagai bentuk perlindungan atas orisinalitas dan kekayaan intelektual produk, PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD yang dikembangkan dalam penelitian ini telah secara resmi didaftarkan dan memperoleh sertifikat Hak Kekayaan Intelektual (HKI) dari Kementerian Hukum Republik Indonesia. Produk ini terdaftar dengan Nomor Sertifikat: EC002024250606, yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual pada tanggal 12 Desember 2024.

Kepemilikan sertifikat HKI ini menjadi bukti sah bahwa PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD merupakan hasil inovasi pedagogik yang orisinal, kreatif, dan layak untuk disebarluaskan, baik dalam skala lokal, nasional, maupun internasional. Hal ini sekaligus memperkuat kontribusi ilmiah penelitian terhadap pengembangan sumber daya pendidikan berbasis keberlanjutan yang terstandar dan legal.

### **3.2.3.3 Uji Coba Instrumen Kompetensi ESD dan Literasi Keberlanjutan**

Sebagai bagian dari proses *develop* dalam model pengembangan 4D, dilakukan uji coba terhadap dua jenis instrumen yang akan digunakan untuk mengukur dampak pembelajaran PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD, yaitu: instrumen kompetensi ESD dan instrumen literasi keberlanjutan. Uji coba ini berfungsi untuk memastikan bahwa instrumen yang dikembangkan tidak hanya

valid secara isi, tetapi juga layak secara empiris digunakan untuk pengukuran pada tahap implementasi.

Uji coba dilakukan secara terpisah dari implementasi pembelajaran, yaitu pada 32 siswa kelas IX SMP Negeri X Kabupaten Bandung Barat, yang tidak termasuk dalam sampel eksperimen. Seluruh instrumen telah melalui validasi ahli pada tahap sebelumnya, dan dalam tahap ini diuji lebih lanjut melalui uji statistik validitas dan reliabilitas.

### 1) Instrumen Kompetensi ESD

Instrumen ini terdiri atas 35 soal pilihan ganda yang mewakili delapan kompetensi utama ESD berdasarkan kerangka UNESCO (2017). Proses validasi oleh lima ahli menyatakan seluruh butir valid secara isi (nilai  $i\text{-CVI} = 1.00$ ). Pada tahap uji coba, dilakukan analisis validitas empiris menggunakan korelasi Pearson.

Dari 35 butir soal, sebanyak 25 soal dinyatakan valid ( $r > 0,334$ ;  $p < 0,05$ ). Butir yang tidak memenuhi kriteria validitas direvisi atau dieliminasi. Instrumen ini juga menunjukkan reliabilitas sangat tinggi dengan nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,972, menandakan konsistensi internal yang sangat kuat.

Dari 25 soal yang telah melalui proses revisi dinyatakan valid secara statistik dan substansi, sehingga layak digunakan untuk mengukur kompetensi ESD siswa. Setiap soal menunjukkan korelasi yang kuat dengan total skor, menandakan bahwa masing-masing butir mampu merepresentasikan aspek kompetensi yang diukur secara akurat dan konsisten. Tidak ditemukan adanya soal yang perlu dieliminasi, karena seluruhnya telah memenuhi kriteria validitas empiris berdasarkan hasil uji statistik, kemudian dilakukan analisis reliabilitas untuk memastikan bahwa soal tidak hanya valid tetapi juga konsisten dalam pengukuran.

Tabel 3.2 Statistik Reliabilitas Instrumen Kompetensi ESD

Statistik	Nilai	Interpretasi
Person Reliability	0,85	Reliabilitas responden tinggi
Item Reliability	0,93	Reliabilitas butir sangat tinggi
Person Separation Index	2,57	Mampu membedakan $\geq 3$ kelompok kemampuan siswa
Item Separation Index	3,78	Butir mampu mengukur spektrum kompetensi secara konsisten
Mean Infit MNSQ (Item)	0,98	Dalam rentang ideal (0.5–1.5), menunjukkan kesesuaian data
Mean Outfit MNSQ (Item)	1,02	Dalam rentang ideal, tidak ada outlier ekstrem

Reliabilitas instrumen dianalisis menggunakan pendekatan Rasch Model, yang lebih tepat untuk soal-soal pilihan ganda karena mempertimbangkan karakteristik item dan responden secara simultan. Hasil analisis menunjukkan nilai Person Reliability sebesar 0,85 dan Item Reliability sebesar 0,93, yang mengindikasikan bahwa instrumen ini memiliki tingkat konsistensi dan kestabilan yang tinggi. Dengan demikian, instrumen dapat diandalkan untuk mengukur kompetensi ESD secara akurat.

## 2) Instrumen Literasi Keberlanjutan

Instrumen ini dikembangkan berdasarkan *framework* Decamps (2017) dan disesuaikan dari penelitian Wahyuni Adam (2022). Alat ukur ini dirancang untuk menangkap empat dimensi utama literasi keberlanjutan: (1) Pengetahuan, 20 soal pilihan ganda, mengukur pemahaman konsep keberlanjutan; (2) Keterampilan, 20 soal pilihan ganda, mengukur kemampuan berpikir kritis dan pengambilan keputusan; (3) Sikap, 20 item angket skala Likert 5 poin, mengukur kesadaran dan nilai afektif keberlanjutan; dan (4) Pola pikir keberlanjutan, 20 item angket skala Likert 5 poin, mengukur disposisi berpikir sistemik, reflektif, dan berjangka panjang.

Untuk menyajikan kualitas instrumen secara ringkas namun komprehensif, berikut disusun tabel rekapitulasi yang menggabungkan hasil validitas dan reliabilitas dari keempat dimensi instrumen literasi keberlanjutan. Tabel ini

merangkum jumlah item, rentang koefisien validitas ( $r$ ), dan nilai reliabilitas (Cronbach's Alpha) beserta kategorinya pada setiap dimensi.

Tabel 3.3 Rekapitulasi Validitas dan Reliabilitas Instrumen Literasi Keberlanjutan

Dimensi	Jumlah Item	Rentang Validitas ( $r$ )	Kategori Validitas	Cronbach's Alpha	Person Realibility	Item Realibility	Kategori Reliabilitas
Pengetahuan	20	0,451 – 1,000	Sangat Baik	-	0,84	0,91	Sangat Tinggi
Pengetahuan Keterampilan	20	0,51 – 0,88	Baik – Sangat Baik	-	0,81	0,88	Sangat Tinggi
Sikap	20	0,707 – 0,895	Sangat Baik	0,976	-	-	Sangat Tinggi
Pola Pikir	20	0,417 – 0,782	Cukup – Sangat Baik	0,900	-	-	Tinggi

Tabel 3.3 menunjukkan bahwa seluruh dimensi literasi keberlanjutan telah memenuhi kriteria kualitas psikometrik yang memadai (secara detail pada subbab 3.7 dan 3.8). Dimensi pengetahuan dan keterampilan menunjukkan validitas sangat baik dan reliabilitas sangat tinggi, yang berarti soal-soalnya akurat dalam mengukur konstruk yang ditargetkan dan konsisten dalam hasil pengukuran. Demikian pula dimensi sikap dan pola pikir, yang meskipun berbentuk angket non-tes, tetap menunjukkan validitas empirik yang kuat dan reliabilitas tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa instrumen literasi keberlanjutan layak digunakan sebagai alat ukur untuk mengidentifikasi tingkat literasi siswa dalam konteks pendidikan keberlanjutan secara menyeluruh dan terpercaya.

Untuk mengevaluasi kualitas instrumen dari aspek kemampuan mengukur secara efektif dan membedakan tingkat kemampuan siswa, dilakukan analisis terhadap indeks kesukaran dan daya beda untuk setiap butir soal pada dimensi pengetahuan dan keterampilan literasi keberlanjutan. Indeks kesukaran digunakan untuk mengetahui sejauh mana soal dapat dijawab oleh siswa, sementara daya beda menunjukkan kemampuan soal membedakan antara siswa dengan tingkat penguasaan tinggi dan rendah. Tabel 3.4 menyajikan detail indeks dan kategori

untuk masing-masing soal berdasarkan analisis statistik dari hasil uji coba instrumen:

Tabel 3.4 Indeks Kesukaran, Daya Beda Dimensi Pengetahuan dan Keterampilan Literasi Keberlanjutan

No. Soal	Pengetahuan				Keterampilan			
	Indeks Kesukaran	Kategori Kesukaran	Daya Beda	Kategori daya beda	Indeks Kesukaran	Kategori Kesukaran	Daya Beda	Kategori daya beda
1	1,03	Mudah	3,0	Baik	1,7	Mudah	0,36	Cukup
2	1,45	Mudah	3,88	Baik	1,7	Mudah	0,39	Cukup
3	0,48	Sedang	1,88	Baik	1,6	Mudah	0,31	Cukup
4	1,27	Mudah	3,5	Baik	1,6	Mudah	0,38	Cukup
5	0,73	Mudah	2,38	Baik	1,5	Mudah	0,44	Baik
6	1,58	Mudah	3,88	Baik	1,4	Mudah	0,56	Baik
7	0,91	Mudah	2,75	Baik	1,3	Mudah	0,69	Baik
8	0,42	Sedang	1,75	Baik	1,3	Mudah	0,69	Baik
9	1,33	Mudah	3,63	Baik	1,1	Mudah	0,81	Baik
10	1,15	Mudah	3,25	Baik	1,1	Mudah	0,88	Baik
11	0,55	Sedang	2,0	Baik	1,0	Mudah	0,94	Baik
12	1,52	Mudah	3,88	Baik	1,0	Mudah	1,00	Baik
13	0,79	Mudah	2,5	Baik	0,8	Mudah	0,88	Baik
14	1,21	Mudah	3,38	Baik	0,8	Mudah	0,81	Baik
15	0,36	Sedang	1,5	Baik	0,7	Mudah	0,75	Baik
16	1,39	Mudah	3,75	Baik	0,6	Sedang	0,63	Baik
17	1,03	Mudah	3,0	Baik	0,5	Sedang	0,56	Baik
18	0,61	Sedang	2,13	Baik	0,4	Sedang	0,44	Baik
19	1,09	Mudah	3,13	Baik	0,4	Sedang	0,38	Cukup
20	0,85	Mudah	2,63	Baik	0,3	Sulit	0,31	Cukup

Berdasarkan Tabel 3.4, seluruh butir soal pada dimensi pengetahuan menunjukkan kategori kesukaran mudah hingga sedang, dengan indeks berkisar antara 0,36 hingga 1,58. Semua soal memiliki daya beda yang baik, dengan nilai antara ,.5 hingga 3,88, mengindikasikan bahwa setiap soal mampu membedakan tingkat kemampuan siswa secara jelas. Tidak ditemukan soal dengan kategori daya beda rendah, sehingga semua item dinyatakan layak digunakan.

Pada dimensi keterampilan, sebagian besar soal memiliki kategori kesukaran mudah (indeks  $> 0,30$ ), namun terdapat beberapa soal yang masuk dalam kategori sedang (soal nomor 16–20) dan sulit (soal nomor 20, indeks 0,3). Daya beda pada dimensi ini berkisar antara 0,31 hingga 1,00, dengan dominasi kategori baik,

meskipun terdapat beberapa soal dengan daya beda cukup (soal nomor 1–4, dan 20).

Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa instrumen literasi keberlanjutan telah terdistribusi secara merata dari segi kesukaran, dan memiliki kualitas diskriminatif yang cukup baik. Hal ini memperkuat validitas empirik instrumen dan mendukung penggunaannya dalam mengukur keberagaman tingkat literasi siswa secara komprehensif.

#### 3.2.3.4 Analisis Diagnostik Soal Prapembelajaran

Sebagai bagian dari proses pengembangan dan validasi instrumen, dilakukan analisis diagnostik terhadap soal prapembelajaran yang digunakan pada tahapan *Read* dalam model RADEC. Soal ini dirancang untuk mengakses pengetahuan awal siswa terhadap isu-isu utama dalam tema *green energy*, sekaligus mengukur kedalaman awal kompetensi keberlanjutan (ESD) sebelum dilakukan intervensi pembelajaran.

Penelitian ini dilaksanakan selama 4 minggu dengan frekuensi 1 pertemuan per minggu, masing-masing selama 5 jam pelajaran (JP), dengan 1 JP setara 40 menit. Total durasi pembelajaran adalah 20 JP, terbagi ke dalam 4 sub pokok pembelajaran, yaitu:

- 1) Usaha dalam Konteks Energi Hijau,
- 2) Energi dalam Perspektif Berkelanjutan,
- 3) Energi Alternatif sebagai Solusi Krisis Energi,
- 4) Krisis Energi dan Jalan Keluar dengan Energi Hijau.

Pada awal setiap sub pokok pembelajaran, siswa diberikan 2 soal prapembelajaran terbuka sebagai bagian dari aktivitas awal RADEC (*Read*), sehingga total terdapat 8 soal yang mencakup 8 kompetensi utama ESD menurut kerangka UNESCO: (a) berpikir sistemik; (b) antisipatik; (c) normatif; (d) strategis; (e) kolaboratif; (f) berpikir kritis; (g) kesadaran diri; dan (h) pemecahan masalah terintegrasi.

Soal dianalisis menggunakan Model Rasch untuk mengukur tingkat kesukaran (*logit*), validitas statistik (*INFIT MNSQ*), dan kontribusi butir terhadap

indikator kompetensi. Untuk memperoleh gambaran awal mengenai kesiapan konseptual dan pemetaan kompetensi siswa sebelum pembelajaran menggunakan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD, dilakukan analisis prapembelajaran menggunakan delapan butir soal esai terbuka. Masing-masing soal dirancang untuk merepresentasikan satu dari delapan kompetensi utama ESD sesuai kerangka UNESCO. Butir soal dianalisis menggunakan Model Rasch untuk menghasilkan estimasi tingkat kesulitan (*measure/logit*) yang dapat dibandingkan secara kuantitatif.

Tabel berikut menyajikan peringkat soal berdasarkan nilai logit dari yang paling sulit hingga paling mudah, disertai kategori kesukaran dan kompetensi yang diukur.

Tabel 3.5 Peringkat Soal Prapembelajaran Berdasarkan Tingkat Kesulitan dan Kompetensi ESD

Soal	Kompetensi ESD	Measure (Logit)	Kesukaran
1	Berpikir Sistemik	+0,05	Sedang
2	Pemecahan Masalah Terintegrasi	-0,07	Sulit
3	Antisipatif	-0,04	Sedang
4	Normatif	-0,01	Sulit
5	Strategis	-0,01	Sedang
6	Kolaborasi	+0,03	Sulit
7	Kesadaran Diri	+0,09	Mudah
8	Berpikir Kritis	-0,09	Sulit

Hasil analisis menunjukkan variasi tingkat kesulitan soal yang cukup berimbang. Soal nomor 2 (pemecahan masalah terintegrasi), 4 (normatif), 6 (kolaborasi), dan 8 (berpikir kritis) berada dalam kategori sulit, menandakan bahwa kompetensi tersebut relatif belum dikuasai siswa secara mendalam sebelum intervensi pembelajaran. Sebaliknya, soal nomor 7 (kesadaran diri) memiliki nilai logit tertinggi (+0,09), yang dikategorikan sebagai mudah, mengindikasikan bahwa siswa relatif lebih siap secara personal dalam memahami keterkaitan antara gaya hidup dan konsumsi energi.

Soal nomor 1 (berpikir sistemik), 3 (antisipatif), dan 5 (strategis) berada pada kategori sedang, menunjukkan bahwa pemahaman siswa terhadap keterkaitan antar konsep, konsekuensi jangka panjang, dan alternatif solusi masih berkembang,

namun sudah mulai terbentuk. Persebaran ini menunjukkan bahwa analisis prapembelajaran dapat digunakan sebagai diagnosis awal untuk merancang strategi pembelajaran yang diferensiatif dan berpusat pada penguatan kompetensi yang paling lemah.

### 3.2.4 Tahap *Disseminate*

Tahap *disseminate* merupakan fase akhir dalam model pengembangan 4D (*Define, Design, Develop, Disseminate*) yang bertujuan untuk menyebarluaskan hasil pengembangan produk kepada pemangku kepentingan, baik di kalangan akademisi, guru, maupun pembuat kebijakan pendidikan. Dalam konteks penelitian ini, tahap *disseminate* dilakukan secara terbatas, berfokus pada validasi ilmiah melalui publikasi dan dokumentasi formal hasil penelitian.

Produk PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD yang telah dikembangkan, divalidasi, dan diimplementasikan, didiseminasikan awal di satuan pendidikan lokasi penelitian. Namun demikian, langkah awal diseminasi telah dilaksanakan melalui beberapa strategi berikut:

#### 1) Publikasi Ilmiah di Jurnal Bereputasi

Beberapa bagian dari hasil penelitian telah dipublikasikan di jurnal nasional terakreditasi (SINTA) dan jurnal internasional bereputasi (*Scopus-indexed*). Publikasi ini menjadi sarana diseminasi ilmiah dan validasi eksternal terhadap kualitas metodologis dan kontribusi teoretis produk PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD.

#### 2) Dokumentasi Akademik dan Penyusunan Laporan Penelitian

Sebagai bagian dari diseminasi akademik, seluruh hasil pengembangan didokumentasikan dalam bentuk laporan disertasi dan naskah-naskah ilmiah yang disiapkan untuk forum seminar, simposium, atau workshop nasional di bidang pendidikan sains dan ESD.

#### 3) Perencanaan Diseminasi Lanjutan

Diseminasi institusional dalam bentuk pelatihan guru, integrasi ke kurikulum satuan pendidikan, atau pengembangan media berbasis digital secara terbuka masih direncanakan sebagai tindak lanjut dari penelitian ini. Diseminasi

tersebut akan dilaksanakan setelah proses evaluasi berlapis dan penguatan bukti efektivitas dari berbagai konteks pembelajaran.

Dengan demikian, tahap disseminate dalam penelitian ini difokuskan pada diseminasi ilmiah sebagai langkah awal yang strategis sebelum produk diperluas ke adopsi pendidikan formal yang lebih luas. Strategi ini memberikan legitimasi awal sekaligus membangun jejaring akademik untuk memperkuat dampak dan keberlanjutan produk PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD ke depan.

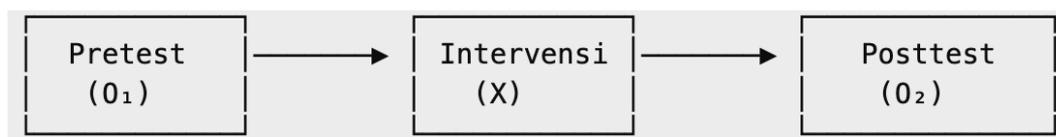
### 3.3 Pendekatan *Embedded Experimental*

Penelitian ini menggunakan pendekatan *embedded experimental*, yaitu suatu strategi penelitian yang mengintegrasikan eksperimen kuantitatif ke dalam rangkaian utama penelitian pengembangan. Pendekatan ini memungkinkan peneliti tidak hanya mengembangkan produk (dalam hal ini PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD), tetapi juga menguji efektivitasnya dalam meningkatkan kompetensi ESD dan literasi keberlanjutan melalui intervensi pembelajaran yang terstruktur.

Eksperimen dilakukan sebagai bagian dari tahap implementasi produk hasil pengembangan, yang menjadi subbagian penting dari model 4D pada tahap *develop*. Dalam pendekatan ini, eksperimen tidak berdiri sendiri, melainkan tertanam dalam proses pengembangan, sehingga hasil eksperimen menjadi bukti empiris terhadap keberfungsian produk yang dikembangkan.

Desain eksperimen yang digunakan adalah *one-group pretest–posttest design* (Fraenkel dkk, 2018), di mana satu kelompok peserta didik diberi pengukuran sebelum dan sesudah implementasi pembelajaran menggunakan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD. Dalam desain ini, perbedaan antara skor pretest dan posttest dianalisis untuk menilai sejauh mana produk pengembangan berdampak terhadap variabel yang diteliti.

Model desain ini direpresentasikan secara skematis sebagai berikut:



Gambar 3.10 Diagram desain penelitian

Keterangan:

$O_1$  = pretest (pengukuran awal kompetensi ESD dan literasi keberlanjutan)

$X$  = perlakuan/intervensi berupa pembelajaran dengan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD

$O_2$  = posttest (pengukuran setelah implementasi pembelajaran)

Meskipun desain ini tidak melibatkan kelompok kontrol, pendekatan ini dipandang memadai karena difokuskan pada uji efektivitas awal (*preliminary effectiveness*) dari suatu produk inovatif yang belum tersedia sebelumnya dalam konteks kurikulum IPA dan ESD pada level SMP. Validitas internal dijaga melalui triangulasi data, keterlibatan guru, dan analisis reflektif dari siswa sebagai subjek pembelajaran.

### 3.4 Subjek dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini melibatkan dua tahapan utama, yaitu uji coba instrumen dan implementasi pembelajaran menggunakan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD. Masing-masing tahap melibatkan subjek dan lokasi yang berbeda, sebagai berikut:

#### 3.4.1 Tahap Uji Coba Instrumen

Tahap ini bertujuan untuk menguji validitas dan reliabilitas instrumen pengukuran kompetensi ESD dan literasi keberlanjutan. Uji coba dilaksanakan di:

- Sekolah : SMP Negeri X, Kabupaten Bandung Barat
- Jumlah siswa : 32 siswa kelas IX
- Waktu pelaksanaan : Minggu ke-2 dan ke-3 bulan Maret 2024

#### 3.4.2 Tahap Implementasi Pembelajaran

Tahap ini bertujuan untuk mengimplementasikan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD pada tema *green energy* menggunakan model pembelajaran

RADEC, serta mengukur keefektifan intervensi terhadap peningkatan kompetensi ESD dan literasi keberlanjutan siswa SMP.

Implementasi dilakukan di enam sekolah di Kabupaten Cianjur, dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 3.6 Jumlah Sampel pada Proses Implementasi

No	Sekolah	Jumlah Siswa (Kelas VIII)
1	SMP Negeri A	32 siswa
2	SMP Negeri B	30 siswa
3	SMP Negeri C	32 siswa
4	SMP Negeri D	29 siswa
5	SMP Negeri E	32 siswa
6	SMP Negeri F	32 siswa
	<b>Total</b>	<b>188 siswa</b>

Selain siswa, implementasi juga melibatkan enam orang guru IPA dari masing-masing sekolah. Peran guru dalam penelitian ini mencakup:

- 1) Berpartisipasi dalam FGD (*Focus Group Discussion*) sebelum implementasi, untuk memahami struktur dan penggunaan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD.
- 2) Melaksanakan pembelajaran menggunakan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD di kelas masing-masing.
- 3) Mengikuti wawancara reflektif setelah pelaksanaan pembelajaran untuk mengevaluasi keterlaksanaan, manfaat, dan tantangan implementasi.

### 3.5 Tehnik Sampling

Teknik sampling dalam penelitian ini disesuaikan dengan karakteristik pendekatan pengembangan produk yang diintegrasikan dengan embedded experimental design. Pemilihan sampel dilakukan secara purposive dengan mempertimbangkan konteks kurikulum, kesiapan implementasi, dan kesesuaian dengan tujuan pengembangan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD dalam pembelajaran IPA berbasis Education for Sustainable Development (ESD).

### 3.5.1 Sampel Uji Coba Instrumen

Sampel untuk uji coba instrumen kompetensi ESD dan literasi keberlanjutan dipilih dari kelas IX SMP Negeri X, Kabupaten Bandung Barat. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada pertimbangan bahwa:

- 1) Sekolah telah menerapkan kurikulum merdeka secara mandiri,
- 2) Siswa berada pada tingkat kesiapan kognitif yang sesuai dengan kompleksitas soal,
- 3) Sekolah bersedia berpartisipasi pada tahap awal sebelum implementasi penuh.

Sebanyak 32 siswa kelas IX terlibat dalam uji coba instrumen ini. Kegiatan dilakukan pada bulan Maret 2024 sebagai bagian dari validasi empiris instrumen sebelum digunakan dalam eksperimen utama.

### 3.5.2 Sampel Implementasi Pembelajaran

Sampel untuk tahap implementasi pembelajaran ditentukan secara purposive dan bertingkat (multistage purposive sampling), dengan kriteria:

- 1) Sekolah negeri di Kabupaten Cianjur,
- 2) Mewakili sebaran geografis (kota, desa, dan daerah pinggiran),
- 3) Memiliki guru IPA yang bersedia dan mampu menerapkan model RADEC,
- 4) Mendukung program penguatan pendidikan karakter dan ESD.

Jumlah total 188 siswa yang menjadi subjek pada tahap implementasi dipilih dengan mempertimbangkan kebutuhan analisis statistik, khususnya pada penggunaan *Rasch Model* dan pengujian efektivitas pembelajaran. Menurut Linacre (2021), analisis Rasch memerlukan setidaknya 30 responden untuk menghasilkan estimasi parameter yang stabil, dan semakin besar jumlah sampel, semakin baik ketepatan estimasi parameter item maupun person. Dengan melibatkan 188 siswa dari enam sekolah, penelitian ini memastikan keterwakilan kemampuan siswa yang beragam, memungkinkan pemetaan tingkat kesukaran butir soal secara akurat, dan meningkatkan reliabilitas hasil analisis. Jumlah ini juga memadai untuk mendeteksi perubahan skor pretest–posttest dengan tingkat kekuatan statistik (*statistical power*) yang tinggi, sehingga hasil pengujian efektivitas produk dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

### 3.6 Instrumen Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan mixed methods dalam kerangka embedded experimental design, di mana data kuantitatif menjadi fokus utama dan data kualitatif digunakan secara terintegrasi untuk mendukung dan memperkuat interpretasi hasil. Oleh karena itu, instrumen penelitian disusun secara komprehensif untuk menghasilkan data kuantitatif (melalui tes dan angket) dan kualitatif (melalui observasi, wawancara, dan refleksi siswa).

Penyusunan dan penggunaan instrumen dalam penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk mengukur dampak intervensi, tetapi juga untuk memahami konteks pembelajaran, persepsi partisipan, dan dinamika kelas yang muncul selama proses implementasi PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD. Seluruh instrumen dirancang secara runut dan strategis berdasarkan tahapan pengembangan model 4D, sebagaimana dijelaskan pada tabel 3.7 berikut ini.

Tabel 3.7 Instrumen Penelitian

No.	Tahapan 4D	Nama Instrumen	Tujuan	Format
1	Define	Analisis CP–ATP dan SDGs	Mendefinisikan kebutuhan kurikulum dan Studi Literatur	Dokumen analisis
2	Design	Peta Kompetensi dan Capaian Pembelajaran	Merancang outcome berbasis ESD	Dokumen & matriks kompetensi
3	Develop	Instrumen Validasi PSSD BERBASIS RADEC BERINFUSI ESD	Menilai kelayakan isi produk oleh ahli	Skala 1–5 & komentar
		Soal Kompetensi ESD (uji coba)	Validasi empiris soal kompetensi ESD	Pilihan ganda (25 soal)
		Soal Literasi Keberlanjutan (uji coba)	Validasi empiris 4 dimensi literasi	Pilihan ganda & angket
		Soal Prapembelajaran	Diagnosis awal kompetensi ESD	Esai terbuka
		Pretest–Posttest Kompetensi ESD	Uji peningkatan kompetensi siswa	Pilihan ganda

No.	Tahapan 4D	Nama Instrumen	Tujuan	Format
		Pretest–Posttest Literasi Keberlanjutan	Uji peningkatan 4 dimensi literasi	Pilihan ganda & angket
		Lembar Observasi Pembelajaran	Memonitor keterlaksanaan RADEC–ESD	Checklist & catatan
		Angket Tanggapan Guru & Siswa	Evaluasi persepsi terhadap pembelajaran	Skala Likert 5 poin
		Panduan Wawancara Reflektif	Eksplorasi refleksi siswa dan guru	Pertanyaan terbuka
4	Disseminate	Publikasi Ilmiah pada Jurnal	Menyebarkan hasil dan produk	Artikel terbit

Uraian instrumen yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

### 3.6.1 Instrumen Validasi Produk PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD

Untuk menjamin kualitas dan kelayakan produk hasil pengembangan, dilakukan validasi ahli terhadap seluruh komponen PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD, termasuk CP–ATP, modul ajar, LKPD digital, buku siswa, dan instrumen penilaian. Validasi ini bertujuan untuk menilai kesesuaian isi, keterpaduan antar komponen, integrasi prinsip Education for Sustainable Development (ESD), serta keterbacaan dan kebaruan secara pedagogis.

Instrumen validasi disusun dalam bentuk lembar penilaian dengan skala Likert 1–5, 1 = sangat kurang, 2 = kurang, 3 = cukup, 4 = baik, dan 5 = sangat baik, dilengkapi dengan ruang saran untuk revisi. Penilaian dilakukan oleh ahli di bidang pendidikan IPA, pendidikan keberlanjutan, dan teknologi pembelajaran.

Tabel 3.8 Lembar Validasi Produk PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD oleh ahli

No	Aspek Validasi	Indikator Penilaian	Skor				
			1	2	3	4	5
<b>Capaian Pembelajaran (CP) dan Alur Tujuan Pembelajarana (ATP)</b>							
1	Kelengkapan Identitas CP & ATP	Menuliskan CP dan ATP yang memuat kelas, mata pelajaran, dan tema secara lengkap dan jelas					
2	Keselarasn dengan kurikulum	Menyesuaikan CP dengan capaian pembelajaran nasional dan SDGs 7					
3	Kejelasan Tujuan Pembelajaran	Menguraikan tujuan pembelajaran dalam ATP secara selaras dengan model RADEC dan kompetensi keberlanjutan					
4	Integrasi tiga pilar	Mencantumkan aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan dalam CP dan ATP					
5	Kejelasan bahasa	Menyusun kalimat dan kata dengan struktur yang mudah dipahami					
<b>Modul Ajar</b>							
6	Kelengkapan identitas modul ajar	Menuliskan judul, kelas, mata pelajaran, dan tema secara lengkap					
7	Kesesuaian dengan CP dan ATP	Memuat materi ajar yang sesuai dengan CP dan ATP					
8	Integrasi ESD	Menyisipkan aktivitas pembelajaran yang mencerminkan unsur keberlanjutan					
9	Penyajian sistematis	Menyusun langkah pembelajaran sesuai tahapan RADEC					
10	Kemudahan Implementasi	Menyajikan instruksi pembelajaran yang mudah dipahami dan digunakan oleh guru					
<b>Buku ajar</b>							
11	Kelengkapan identitas buku ajar	Mencantumkan judul, edisi, kelas, mata pelajaran, dan nama penulis					

No	Aspek Validasi	Indikator Penilaian	Skor				
			1	2	3	4	5
12	Keselarasan dengan kurikulum	Menyelaraskan isi buku ajar dengan CP, ATP, dan keterampilan ESD					
13	Kedalam materi	Menyajikan materi konsep energi hijau secara ilmiah dan akurat					
14	Integrasi SDGs	Mencantumkan isu global dan lokal terkait energi terbarukan					
15	Kejelasan struktur	Menyusun materi ajar dari konsep dasar ke penerapan nyata					
<b>Lembar Kerja Peserta Didik</b>							
16	Kelengkapan identitas LKPD	Menuliskan judul, kelas, tujuan, dan tema dengan jelas					
17	Keselarasan dengan CP dan ATP	Merancang aktivitas yang sesuai dengan CP dan ATP					
18	Konsistensi dengan model RADEC	Mengikuti tahapan RADEC (Read, Answer, Discuss, Explain, Create) secara utuh					
19	Aktivitas berbasis keberlanjutan	Menyusun tugas berbasis proyek atau inkuiri tentang energi hijau					
20	Kejelasan instruksi	Menyajikan petunjuk kerja yang mudah dipahami siswa					
<b>Instrumen Penilaian</b>							
21	Kelengkapan identitas instrumen	Mencantumkan nama instrumen, kelas, dan tujuan					
22	Keselarasan dengan tujuan pembelajaran	Menyusun butir soal yang sesuai dengan CP dan ATP					
23	Penggunaan indikator keberlanjutan	Menilai aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan dalam pemahaman siswa					
24	Jenis penilaian	Mengakomodasi asesmen formatif dan sumatif					
25	Kejelasan pertanyaan	Menyusun pertanyaan dengan bahasa yang jelas dan sistematis					
<b>Validasi Media dan Keterbacaan</b>							
26	Pemilihan media	Memilih media yang mendukung pemahaman konsep energi hijau					

No	Aspek Validasi	Indikator Penilaian	Skor				
			1	2	3	4	5
27	interaktivitas	Memungkinkan siswa berinteraksi melalui simulasi atau latihan					
28	Efektivitas penyampaian	Membantu siswa memahami konsep lebih mudah					
29	Tingkat keterbacaan teks	Menggunakan struktur kalimat sesuai jenjang pendidikan siswa					
30	Pemilihan kosakata	Memilih kosakata sesuai tingkat literasi siswa SMP					

Instrumen ini digunakan sebelum implementasi pembelajaran sebagai bagian dari tahap *develop* dalam model 4D. Hasil penilaian dari para ahli menjadi dasar penyempurnaan isi, struktur, dan integrasi prinsip keberlanjutan dalam seluruh komponen produk, termasuk modul ajar, LKPD digital, dan perangkat penilaian.

### 3.6.2 Instrumen Uji Coba Soal (Validasi Empiris Instrumen Pengukuran)

Sebelum digunakan dalam pengukuran efektivitas produk pembelajaran, instrumen soal kompetensi ESD dan literasi keberlanjutan terlebih dahulu divalidasi oleh para ahli untuk memastikan kesesuaian isi, kejelasan bahasa, serta keterpautan indikator soal dengan tujuan pembelajaran berbasis ESD.

Validasi dilakukan terhadap:

- 1) Instrumen Kompetensi ESD yang terdiri atas 35 soal pilihan ganda yang memuat indikator dari delapan kompetensi utama ESD,
- 2) Instrumen Literasi Keberlanjutan yang mencakup empat dimensi: pengetahuan, keterampilan, sikap, dan pola pikir keberlanjutan.

Instrumen validasi dirancang dalam bentuk lembar penilaian dengan skala Likert dan kolom saran, yang mencakup aspek keterbacaan, keterwakilan indikator, dan kesesuaian konteks dengan tema pembelajaran green energy.

## 1) Instrumen Kompetensi ESD

Tabel 3.9 Lembar Validasi Soal Kompetensi ESD

No. Soal	Penilaian												Saran/ Perbaikan
	KPB		KSS		KKF		KKJ		KPK		KIS		
	S	TS	S	TS	S	TS	S	TS	S	TS	S	TS	
1.													
2.													
Dst..													

### Aspek Penilaian:

KPB = Kesesuaian penggunaan bahasa yang baik dan benar pada soal.

KSS = Keterbacaan soal.

KKF = Kesesuaian konsep IPA pada soal.

KKJ = Kesesuaian kunci jawaban dengan soal.

KPK = Kesesuaian soal dengan indikator kompetensi ESD.

KIS = Kesesuaian soal dengan indicator soal

### Penilaian

S = Sesuai

TS = Tidak sesuai

## 2) Instrumen Literasi Keberlanjutan

### a) Validasi Isi dan Konstruksi Soal:

Tabel 3.10 Validasi Isi dan Konstruksi Soal Literasi Keberlanjutan

No	Butir Soal	Kesesuaian dengan Indikator Literasi Keberlanjutan	Kejelasan Redaksi	Relevansi dengan Dimensi Literasi Keberlanjutan	Tingkat Kesulitan	Saran Perbaikan
1	[Tuliskan butir soal]	1-2-3-4-5	1-2-3-4-5	1-2-3-4-5	<input type="checkbox"/> Mudah <input type="checkbox"/> Sedang <input type="checkbox"/> Sulit	...
2	[Tuliskan butir soal]	1-2-3-4-5	1-2-3-4-5	1-2-3-4-5	<input type="checkbox"/> Mudah <input type="checkbox"/> Sedang <input type="checkbox"/> Sulit	...

### b) Validasi Keterpaduan dengan Dimensi Literasi Keberlanjutan

Tabel 3.11 Validasi Keterpaduan dengan Dimensi Literasi Keberlanjutan

Dimensi Literasi Keberlanjutan	Persentase Kesesuaian dengan Soal (%)	Skor (1-5)	Keterangan
Pengetahuan	...%	1 - 2 - 3 - 4 - 5	...
Keterampilan	...%	1 - 2 - 3 - 4 - 5	...
Sikap	...%	1 - 2 - 3 - 4 - 5	...
Pola Pikir	...%	1 - 2 - 3 - 4 - 5	...

### c) Validasi Tingkat Kesulitan dan Keterbacaan

Tabel 3.12 Validasi Tingkat Kesulitan dan Keterbacaan Soal Literasi Keberlanjutan

Kriteria	Skor (1-5)	Komentar
Kesesuaian dengan level kognitif yang diukur	1 - 2 - 3 - 4 - 5	...
Kejelasan bahasa dan redaksi	1 - 2 - 3 - 4 - 5	...
Kemudahan dipahami oleh siswa	1 - 2 - 3 - 4 - 5	...
Ketepatan format soal (objektif/subjektif)	1 - 2 - 3 - 4 - 5	...

#### d) Validasi Struktur dan Konstruksi Soal

Tabel 3.13 Validasi Struktur dan Konstruksi Soal Literasi Keberlanjutan

Aspek yang Dinilai	Skor (1-5)	Komentar
Kejelasan tujuan pengukuran soal	1 - 2 - 3 - 4 - 5	...
Kejelasan konteks soal	1 - 2 - 3 - 4 - 5	...
Kesesuaian tingkat berpikir (LOTs/MOTs/HOTs)	1 - 2 - 3 - 4 - 5	...
Keselarasan dengan indikator pembelajaran	1 - 2 - 3 - 4 - 5	...

#### e) Validasi Kesesuaian dengan Aspek Keberlanjutan

Tabel 3.14 Validasi Kesesuaian Soal dengan Aspek Keberlanjutan

Aspek Keberlanjutan	Skor (1-5)	Komentar
Kontekstual dalam kehidupan sehari-hari	1 - 2 - 3 - 4 - 5	...
Mengarah pada kesadaran dan solusi keberlanjutan	1 - 2 - 3 - 4 - 5	...
Keterkaitan dengan SDGs (Tujuan Pembangunan Berkelanjutan)	1 - 2 - 3 - 4 - 5	...

Instrumen validasi ini digunakan pada tahap awal sebelum uji coba soal kepada siswa, sebagai langkah krusial untuk memastikan bahwa setiap butir soal telah memenuhi standar kualitas isi, bahasa, dan konstruksi. Proses validasi dilakukan oleh para ahli yang memiliki kompetensi dalam bidang pendidikan IPA, ESD, dan evaluasi pembelajaran.

Hasil penilaian dari para validator menjadi dasar perbaikan terhadap soal-soal yang dianggap kurang tepat, baik dari sisi redaksi, pemetaan indikator, maupun kelayakan kontekstual. Validasi ini memastikan bahwa instrumen yang digunakan dalam penelitian telah sesuai dengan prinsip validitas isi dan konseptual, serta layak dilanjutkan ke tahap uji empiris pada siswa.

### 3.6.3 Soal Prapembelajaran

Instrumen ini berupa soal esai terbuka yang digunakan untuk diagnosis awal kemampuan siswa pada setiap subtopik pembelajaran. Tiap soal dirancang untuk merepresentasikan kompetensi ESD tertentu dan disebar selama 4 minggu

implementasi. Hasilnya dianalisis menggunakan model Rasch untuk memetakan tingkat kesulitan dan kesiapan awal siswa terhadap konten keberlanjutan.

Tabel 3.15 Kisi-kisi Soal Prapembelajaran

No	Materi Pokok	Indikator Soal	Kompetensi ESD yang Diukur	Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kesukaran	Tingkat Kognitif	Jumlah Soal
1	Usaha dalam konteks energi hijau	Menganalisis konsep usaha dalam penerapan teknologi energi hijau	Berpikir Sistemik	Siswa mampu memahami hubungan antara konsep usaha dalam fisika dengan penerapan teknologi energi hijau seperti panel surya dan turbin angin	Sedang	C4 (menganalisis)	1
2	Usaha dalam konteks energi hijau	Mengevaluasi efisiensi usaha dalam sistem energi hijau dibandingkan energi konvensional	Pemecahan Masalah Terintegrasi	Siswa mampu membandingkan efisiensi teknologi energi hijau dengan energi konvensional dan menemukan solusi untuk mengurangi pemborosan energi	Sulit	C5 (Mengevaluasi)	1
3	Energi dalam perspektif berkelanjutan	Menilai dampak energi fosil terhadap lingkungan dan membandingkannya dengan energi terbarukan	Antisipatif	Siswa mampu memprediksi dampak jangka panjang dari penggunaan energi fosil serta menganalisis peran energi hijau sebagai solusi berkelanjutan	Sedang	C4 (Menganalisis)	1
4	Energi dalam perspektif berkelanjutan	Menghubungkan nilai-nilai keberlanjutan dalam kebijakan energi hijau global	Normatif	Siswa mampu mengevaluasi kebijakan energi hijau dari perspektif keberlanjutan dan menganalisis efektivitasnya dalam mencapai SDGs	Sulit	C5 (Mengevaluasi)	1

No	Materi Pokok	Indikator Soal	Kompetensi ESD yang Diukur	Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kesukaran	Tingkat Kognitif	Jumlah Soal
5	Energi alternatif sebagai solusi krisis energi	Mengidentifikasi sumber energi alternatif dan cara implementasinya	Strategis	Siswa mampu merancang strategi implementasi energi alternatif yang sesuai dengan kondisi lokal dan kebutuhan masyarakat	Sedang	C4 (Menganalisis)	1
6	Energi alternatif sebagai solusi krisis energi	Menganalisis tantangan dalam implementasi energi alternatif	Kolaborasi	Siswa mampu mengidentifikasi peran berbagai pemangku kepentingan (pemerintah, industri, dan masyarakat) dalam mendukung transisi energi hijau	Sulit	C5 (Mengevaluasi)	1
7	Krisis energi dan jalan keluar dengan energi hijau	Menganalisis hubungan antara krisis energi dan gaya hidup masyarakat	Kesadaran Diri	Siswa mampu menghubungkan pola konsumsi energi dengan dampaknya terhadap krisis energi serta menemukan cara sederhana untuk mengurangi jejak karbon	Mudah	C3 (Mengaplikasikan)	1
8	Krisis energi dan jalan keluar dengan energi hijau	Mengembangkan inovasi energi hijau untuk masa depan	Berpikir Kritis	Siswa mampu merancang dan mengembangkan inovasi energi hijau berbasis kreativitas dan teknologi berkelanjutan	Sulit	C6 (Mencipta)	1

Instrumen ini digunakan secara bertahap di awal setiap subtopik pembelajaran untuk mengidentifikasi gambaran awal kompetensi siswa. Data yang dikumpulkan bersifat diagnostik dan membantu dalam mendesain pembelajaran yang responsif terhadap kebutuhan aktual siswa.

#### **3.6.4 Instrumen Pembelajaran Utama (Pretest-Posttest)**

Instrumen pembelajaran utama digunakan untuk mengukur pengaruh implementasi produk PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD terhadap peningkatan kompetensi siswa. Instrumen ini digunakan dalam desain one-group pretest–posttest, dengan pengukuran dilakukan sebelum dan setelah pembelajaran.

Dua jenis instrumen digunakan secara paralel dalam pengukuran ini: (1) Instrumen Kompetensi ESD, terdiri dari 35 soal pilihan ganda berdasarkan delapan kompetensi utama ESD; dan (2) Instrumen Literasi Keberlanjutan, yang mencakup empat dimensi literasi: pengetahuan, keterampilan, sikap, dan pola pikir keberlanjutan. Penggunaan kedua instrumen ini dilakukan pada siswa kelas VIII dari enam sekolah yang menjadi subjek implementasi pembelajaran, dan menjadi sumber data kuantitatif utama dalam penelitian ini.

## 1) Soal Kompetensi ESD

Tabel 3.16 Kisi-kisi Soal Kompetensi ESD Tema *Green Energy*

<b>Pokok Bahasan/Sub Pokok</b>	<b>Kompetensi ESD</b>	<b>Jumlah Soal</b>	<b>Indikator Soal</b>
Konsep Usaha dan Energi dalam Keberlanjutan	Berpikir Sistem	6	Siswa menganalisis keterkaitan antara usaha dan energi dalam penerapan keberlanjutan
Dampak Penggunaan Energi terhadap Lingkungan	Antisipatif	7	Siswa menganalisis dampak jangka panjang energi fosil terhadap lingkungan dan menjelaskan urgensi penggunaan energi terbarukan
Dampak Sosial dan Ekonomi dari Pilihan Energi	Normatif	6	Siswa menjelaskan isu keadilan sosial dalam pemanfaatan energi dan mengkritisi pilihan energi yang tersedia
Evaluasi dan Pemilihan Energi Berkelanjutan	Strategis	4	Siswa mengevaluasi kebijakan energi dan menentukan strategi pemilihan energi berkelanjutan yang sesuai
Kolaborasi dalam Implementasi	Kolaborasi	2	Siswa mengidentifikasi peran pemangku kepentingan dalam mendukung transisi energi hijau
Kritis dalam Analisis Kebijakan Energi Berkelanjutan	Berpikir Kritis	6	Siswa menganalisis kebijakan energi dalam konteks SDGs dan menyimpulkan efektivitasnya
Kesadaran Diri terhadap Konsumsi Energi	Kesadaran Diri	2	Siswa mengevaluasi konsumsi energi pribadi dan mengaitkannya dengan dampak lingkungan
Pemecahan Masalah dalam Keberlanjutan Energi	Pemecahan Masalah Terintegrasi	2	Siswa merancang solusi energi hijau berbasis prinsip keberlanjutan dan kreativitas lokal

## 2) Soal Literasi Keberlanjutan

Tabel 3.17 Kisi-kisi Soal Literasi Keberlanjutan Dimensi Pengetahuan

Dimensi	Aspek Literasi Keberlanjutan	Indikator Literasi Keberlanjutan	Tingkat Kemampuan Berpikir/Kesulitan Soal	Sub Materi	Bentuk Soal
Pengetahuan	Pengetahuan tentang kemanusiaan dan ekosistem yang berkelanjutan	Pengetahuan tentang siklus produksi energi, konsep jejak ekologi, dan perhitungan ekologi.	C1-Mudah	Usaha dalam konteks energi hijau	Pilihan Ganda
	Pengetahuan tentang kemanusiaan dan ekosistem yang berkelanjutan	Kesadaran tentang dampak lingkungan dari berbagai sumber energi.	C2-Sedang	Energi dalam perspektif keberlanjutan	
	Pengetahuan tentang kemanusiaan dan ekosistem yang berkelanjutan	Pengetahuan tentang kebijakan energi hijau dan keberlanjutan global.	C4-Sedang	Energi alternatif sebagai solusi krisis energi	
	Pengetahuan tentang kemanusiaan dan ekosistem yang berkelanjutan	Pemahaman tentang isu-isu keadilan sosial dalam akses energi.	C5-Sulit	Krisis Energi dan Jalan Keluar dengan Energi Hijau	

Ismail, 2025

*Pengembangan Pedagogi Spesifik Subyek Berbasis RADEC Berinfusi ESD Pada Tema Green Energy untuk Penguatan Kompetensi dan Literasi Keberlanjutan Siswa SMP*

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

<b>Dimensi</b>	<b>Aspek Literasi Keberlanjutan</b>	<b>Indikator Literasi Keberlanjutan</b>	<b>Tingkat Kemampuan Berpikir/Kesulitan Soal</b>	<b>Sub Materi</b>	<b>Bentuk Soal</b>
Pengetahuan Keterampilan	Keterampilan bekerja sama dan berpikir secara sistematis	Penilaian implikasi pilihan gaya hidup terhadap konsumsi energi.	C2-Mudah	Usaha dalam konteks energi hijau	Pilihan Ganda
	Keterampilan dalam berpikir kritis dan bertindak secara	Penalaran dalam mengambil keputusan terkait energi hijau.	C5-Sulit	Energi dalam perspektif keberlanjutan	
Sikap	Sikap proaktif terhadap isu keberlanjutan dan energi	Partisipasi dalam proyek-proyek energi bersih di komunitas.	C3-Sedang	Energi alternatif sebagai solusi krisis energi	Rating Scale
	Motivasi untuk bertindak dan mendorong perubahan positif	Keterlibatan dalam diskusi dan proyek energi hijau.	C5-Sedang	Krisis Energi dan Jalan Keluar dengan Energi Hijau	
Pola Pikir	Pola pikir terhadap keberlanjutan dan tanggung jawab pribadi atas pilihan	Aksi kolektif dan kerjasama untuk mendorong perubahan dalam penggunaan energi.	C6-Sulit	Usaha dalam konteks energi hijau	Rating Scale
	Pola pikir yang mendukung inisiatif keberlanjutan	Penerapan praktik hemat energi di rumah dan sekolah.	C4-Sedang	Krisis Energi dan Jalan Keluar dengan Energi Hijau	

Instrumen pretest–posttest ini merupakan alat ukur utama dalam pendekatan kuantitatif untuk menilai pengaruh penggunaan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD terhadap capaian pembelajaran siswa. Setiap instrumen digunakan secara konsisten pada dua titik waktu berbeda dengan jeda antar pengukuran sesuai durasi intervensi pembelajaran (4 minggu).

Instrumen ini memungkinkan peneliti untuk membandingkan skor awal dan akhir siswa pada dua konstruk utama (kompetensi ESD dan literasi keberlanjutan), serta untuk mengidentifikasi domain kompetensi yang paling berkembang. Data yang diperoleh akan dianalisis secara statistik untuk menjawab pertanyaan utama dalam penelitian.

### 3.6.5 Lembar Observasi Pembelajaran

Lembar observasi disusun untuk memantau keterlaksanaan sintaks RADEC, keterlibatan siswa, dan integrasi nilai keberlanjutan selama proses pembelajaran. Observasi dilakukan oleh peneliti dan pendamping guru untuk memperoleh data kualitatif terkait dinamika kelas dan implementasi PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD.

Tabel 3.18 Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran

No	Aspek yang Diamati	Ya (✓)	Sebagian (S)	Tidak (X)	Catatan Kualitatif
<b>Tahap 1: Read &amp; Answer</b>					
1	Siswa mengakses dan membaca/mengamati bacaan/video/materi awal terkait topik energi hijau.				
2	Siswa menjawab pertanyaan pemantik berdasarkan pemahaman awal terhadap materi.				
3	Siswa merespons umpan balik awal dari guru untuk				

Ismail, 2025

*Pengembangan Pedagogi Spesifik Subyek Berbasis RADEC Berinfusi ESD Pada Tema Green Energy untuk Penguatan Kompetensi dan Literasi Keberlanjutan Siswa SMP*  
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

No	Aspek yang Diamati	Ya (✓)	Sebagian (S)	Tidak (X)	Catatan Kualitatif
	mengklarifikasi pemahaman mereka.				
<b>Tahap 2: Discuss</b>					
4	Siswa berdiskusi aktif dalam kelompok tentang topik energi hijau.				
5	Siswa menjawab pertanyaan diskusi yang menantang keterampilan berpikir kritis.				
6	Siswa menyampaikan gagasan, pendapat, dan hasil diskusi secara aktif.				
<b>Tahap 3: Explain</b>					
7	Siswa mempresentasikan hasil diskusi dengan dukungan data, gambar, atau contoh nyata.				
8	Siswa memberikan tanggapan terhadap pertanyaan klarifikasi dari guru dan teman.				
<b>Tahap 4: Create</b>					
9	Siswa merancang proyek/kampanye energi hijau secara kolaboratif.				
10	Siswa menghasilkan produk kreatif (poster, video, kampanye, proyek) terkait konsep energi hijau.				
<b>Tahap 5: Evaluasi dan Refleksi</b>					
11	Siswa menyampaikan refleksi atas proses dan hasil pembelajaran.				

No	Aspek yang Diamati	Ya (✓)	Sebagian (S)	Tidak (X)	Catatan Kualitatif
12	Siswa menyampaikan rencana aksi nyata yang mendukung keberlanjutan energi hijau.				

Instrumen ini digunakan selama proses pembelajaran berlangsung untuk mendokumentasikan keterlaksanaan sintaks RADEC dan respons siswa terhadap aktivitas pembelajaran. Observasi dilakukan oleh peneliti dan guru pendamping, dan menjadi bagian penting dalam mendukung triangulasi data penelitian.

### 3.6.6 Angket Tanggapan Siswa dan Guru

Angket ini digunakan untuk mengukur persepsi guru dan siswa terhadap produk PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD dari aspek kejelasan materi, kemudahan penggunaan, dampak pembelajaran, dan minat belajar. Disusun dalam bentuk skala Likert 5 poin, angket ini memberikan gambaran umum tentang efektivitas dan keberterimaan produk dari perspektif pengguna langsung.

Tabel 3.19 Instrumen Tanggapan Siswa terhadap Penggunaan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD

No	Pernyataan	STS	TS	N	S	SS
1	Saya menjadi lebih memahami konsep usaha dan energi setelah menggunakan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD.					
2	Pembelajaran dengan model RADEC membuat belajar menjadi lebih menyenangkan.					
3	LKPD yang disediakan membantu saya memahami topik energi hijau.					
4	PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD membuat saya peduli terhadap isu energi hijau dan keberlanjutan.					
5	Diskusi dalam kelompok membantu saya memahami materi lebih baik.					

Ismail, 2025

*Pengembangan Pedagogi Spesifik Subyek Berbasis RADEC Berinfusi ESD Pada Tema Green Energy untuk Penguatan Kompetensi dan Literasi Keberlanjutan Siswa SMP*  
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

No	Pernyataan	STS	TS	N	S	SS
6	Saya merasa lebih kreatif setelah mengikuti pembelajaran dengan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD.					
7	Saya merasa lebih percaya diri untuk menjelaskan konsep usaha dan energi setelah belajar dengan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD.					
8	PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD membantu saya berpikir lebih kritis tentang penggunaan energi.					
9	Aktivitas yang diberikan dalam pembelajaran ini menarik dan menantang.					
10	Saya ingin mempelajari lebih banyak tentang energi hijau dan keberlanjutan.					

Tabel 3.20 Instrumen Tanggapan Guru terhadap Penggunaan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD

No	Pernyataan	STS	TS	N	S	SS
1	PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD membantu siswa memahami konsep usaha dan energi secara lebih kontekstual.					
2	Model RADEC memudahkan proses pengajaran topik energi hijau di kelas.					
3	Materi dalam PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD relevan dengan isu keberlanjutan saat ini.					
4	Penggunaan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran.					
5	LKPD yang disediakan membantu siswa berpikir kritis dan kreatif.					
6	PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD mendorong siswa untuk peduli terhadap isu energi hijau.					
7	Penggunaan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD efektif dalam meningkatkan kompetensi ESD siswa.					

Ismail, 2025

*Pengembangan Pedagogi Spesifik Subyek Berbasis RADEC Berinfusi ESD Pada Tema Green Energy untuk Penguatan Kompetensi dan Literasi Keberlanjutan Siswa SMP*  
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

No	Pernyataan	STS	TS	N	S	SS
8	Aktivitas pembelajaran berbasis RADEC mendorong diskusi yang produktif di kelas.					
9	Instrumen penilaian yang disediakan dalam PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD membantu mengevaluasi kompetensi siswa secara holistik.					
10	PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD mudah diimplementasikan dalam pembelajaran sehari-hari.					

Angket ini digunakan di akhir pembelajaran untuk memperoleh umpan balik dari siswa dan guru terkait persepsi mereka terhadap implementasi PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD. Instrumen ini berfungsi sebagai alat evaluasi awal terhadap keterterimaan (acceptability) dan kepraktisan produk dari sisi pengguna

### 3.6.7 Panduan Wawancara Reflektif

Panduan ini digunakan dalam wawancara semi-terstruktur untuk mengeksplorasi refleksi pengalaman belajar, persepsi terhadap pembelajaran keberlanjutan, serta dampak afektif dan personal dari penggunaan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD. Wawancara dilakukan pada akhir implementasi untuk memperkaya data kuantitatif dan memahami dimensi pembelajaran secara lebih mendalam.

Tabel 3.21 Pedoman Wawancara Guru

No.	Pertanyaan Wawancara Guru
1	Bagaimana pengalaman Anda dalam menerapkan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD dalam pembelajaran?
2	Bagaimana menurut Anda efektivitas model RADEC dalam meningkatkan pemahaman siswa tentang Green Energy?
3	Apa tantangan utama yang Anda hadapi dalam mengajarkan materi ini dengan pendekatan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD?
4	Bagaimana keterlibatan siswa dalam diskusi dan proyek terkait energi hijau?
5	Apa perubahan yang Anda amati dalam sikap dan pemahaman siswa setelah menggunakan pendekatan ini?

Ismail, 2025

*Pengembangan Pedagogi Spesifik Subyek Berbasis RADEC Berinfusi ESD Pada Tema Green Energy untuk Penguatan Kompetensi dan Literasi Keberlanjutan Siswa SMP*  
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

6	Apa kendala teknis yang Anda hadapi dalam penggunaan digital learning dalam pembelajaran?
7	Bagaimana kolaborasi antara siswa dalam kegiatan Create dalam model RADEC?
8	Apa saran Anda untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran berbasis PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD?

Tabel 3.22 Pedoman Wawancara Siswa

No.	Pertanyaan Wawancara Siswa
1	Bagaimana pendapat Anda tentang pembelajaran dengan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD?
2	Apakah materi Green Energy yang diajarkan dengan pendekatan ini lebih mudah dipahami? Mengapa?
3	Apa bagian pembelajaran yang paling menarik bagi Anda?
4	Bagaimana Anda berpartisipasi dalam diskusi dan proyek yang diberikan?
5	Apakah Anda merasa lebih sadar akan pentingnya energi hijau setelah mengikuti pembelajaran ini?
6	Apakah ada kesulitan yang Anda alami dalam mengikuti pembelajaran ini? Jika ya, bagaimana Anda mengatasinya?
7	Bagaimana kolaborasi Anda dengan teman-teman dalam mengerjakan tugas berbasis proyek?
8	Menurut Anda, bagaimana pembelajaran ini bisa lebih baik di masa depan?

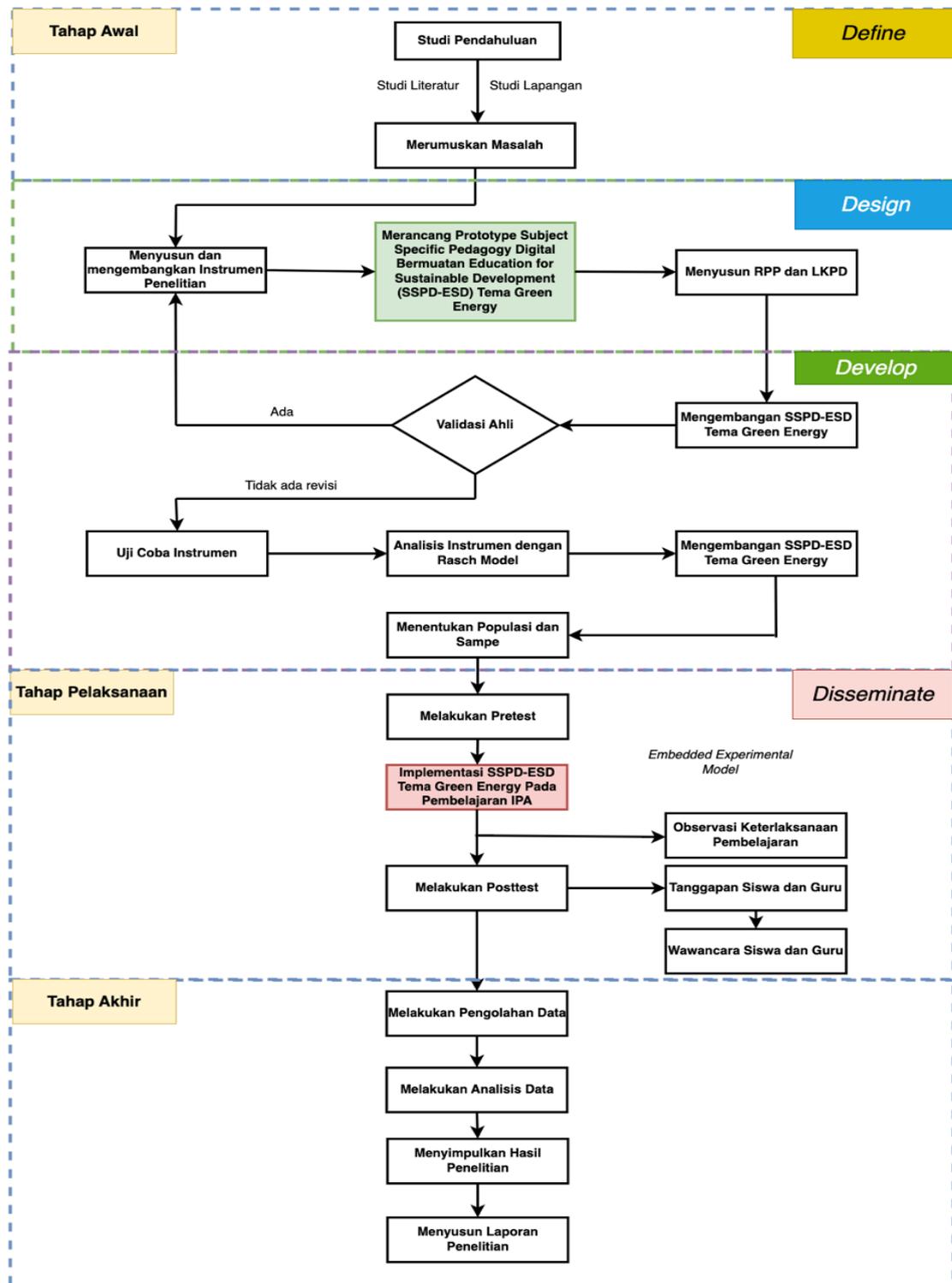
Panduan ini digunakan untuk menggali pengalaman langsung guru dan siswa setelah pembelajaran. Wawancara dilakukan sebagai metode pelengkap untuk memperoleh data kualitatif yang merefleksikan persepsi mendalam terhadap proses dan isi pembelajaran yang dijalankan.

### 3.7 Prosedur Penelitian

Untuk menggambarkan secara menyeluruh alur pelaksanaan penelitian ini, disusunlah bagan prosedur penelitian yang mencerminkan keterpaduan antara model pengembangan 4D dan pendekatan *embedded experimental design*. Prosedur ini menunjukkan tahapan logis dari mulai perumusan masalah, pengembangan produk PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD, validasi dan uji coba instrumen,

hingga pelaksanaan pembelajaran dan evaluasi dampak terhadap kompetensi dan literasi keberlanjutan siswa.

Gambar 3.11 menyajikan keseluruhan proses penelitian secara runtut dan terintegrasi:



Gambar 3.11 Prosedur Penelitian PSSD Bermuatan ESD

Gambar 3.11 menunjukkan bahwa penelitian dimulai dengan tahap define, berupa studi pendahuluan melalui telaah literatur dan studi lapangan untuk merumuskan masalah dan kebutuhan pembelajaran. Selanjutnya, pada tahap design, disusun prototipe awal PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD yang dilengkapi dengan perangkat ajar (modul, LKPD), serta dikembangkan instrumen penelitian.

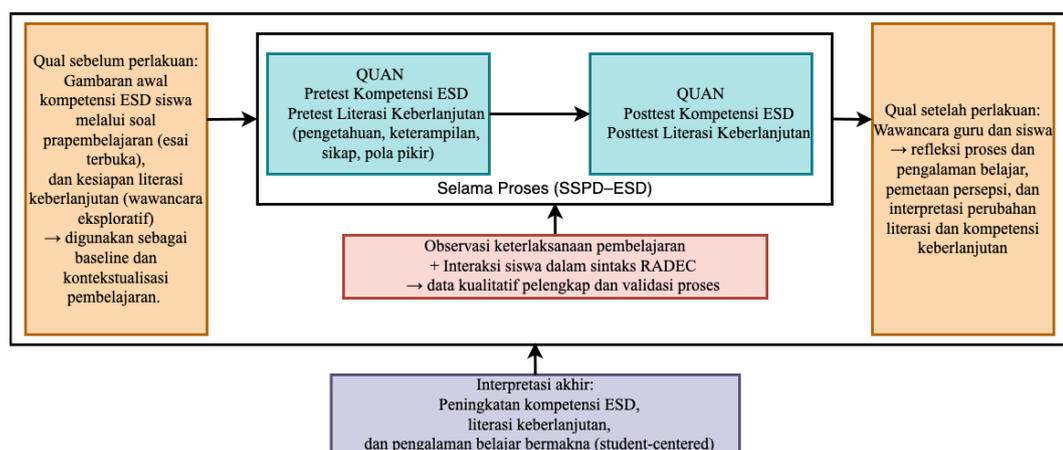
Tahap develop melibatkan validasi ahli terhadap produk dan instrumen, dilanjutkan dengan uji coba instrumen dan analisis butir soal menggunakan Rasch Model. Jika diperlukan, produk disempurnakan berdasarkan masukan dari tahap validasi.

Pada tahap disseminate (implementasi), dilakukan pretest, diikuti oleh pembelajaran dengan PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD selama empat minggu, dan kemudian posttest. Proses pembelajaran juga didampingi dengan observasi keterlaksanaan, pengisian angket oleh guru dan siswa, serta wawancara reflektif sebagai data kualitatif pendukung.

Tahap akhir ditutup dengan kegiatan pengolahan data, analisis statistik dan tematik, penarikan simpulan, serta penyusunan laporan penelitian. Prosedur ini memastikan bahwa pengembangan dan evaluasi PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD dilakukan secara valid, sistematis, dan berbasis bukti.

Tahap disseminate dalam penelitian ini tidak hanya mencakup aktivitas publikasi hasil pengembangan, tetapi juga menjelaskan kerangka integrasi data kuantitatif dan kualitatif dalam pendekatan embedded experimental design. Sebagai bagian dari validasi proses dan penguatan interpretasi hasil, strategi pengumpulan data dirancang untuk menangkap aspek sebelum, selama, dan setelah perlakuan secara komprehensif.

Gambar 3.12 menyajikan integrasi antara desain eksperimen (pretest–posttest) dan data kualitatif yang tertanam (embedded) dalam proses implementasi pembelajaran PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD:



Gambar 3.12 Tahap Disseminate menggunakan Desain Embedded Experimental Model

Gambar 3.12 menunjukkan bahwa pada tahap *Disseminate* dalam model pengembangan 4D digunakan desain pengumpulan data *embedded mixed methods* hasil (Creswell & Creswell, 2018; Samsudin dkk, 2025). Dalam pendekatan ini, metode kuantitatif tetap menjadi pendekatan utama untuk mengukur efektivitas instrumen asesmen yang dikembangkan, sedangkan data kualitatif ditanamkan (*embedded*) sebagai pendukung untuk: (1) validasi proses; (2) kontekstualisasi hasil; dan (3) Pendalaman interpretasi perubahan literasi keberlanjutan dan kompetensi ESD. Dengan demikian, penggunaan *embedded mixed method* dalam tahap ini tidak menggantikan model 4D, tetapi menguatkan tahapan Disseminate melalui strategi pengumpulan data yang lebih kaya dan bermakna secara kontekstual.

### 3.8 Teknik Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data yang relevan dan komprehensif dalam mengevaluasi efektivitas PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD pada penguatan kompetensi ESD dan literasi keberlanjutan siswa, penelitian ini menggunakan kombinasi teknik pengumpulan data kuantitatif dan kualitatif sesuai dengan pendekatan *embedded experimental design*. Pemilihan teknik disesuaikan dengan jenis data yang dibutuhkan pada masing-masing tahapan penelitian, serta mempertimbangkan konteks implementasi pembelajaran.

Ismail, 2025

*Pengembangan Pedagogi Spesifik Subyek Berbasis RADEC Berinfusi ESD Pada Tema Green Energy untuk Penguatan Kompetensi dan Literasi Keberlanjutan Siswa SMP*  
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Tabel 3.23 merangkum teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini, beserta jenis data, instrumen yang digunakan, waktu pengumpulan, dan sumber datanya.

Tabel 3.23 Tehnik Pengumpulan data

No.	Jenis Data	Teknik Pengumpulan	Instrumen	Waktu Pengumpulan	Sumber Data
1	Kompetensi ESD (kuantitatif)	Tes tertulis pretest dan posttest	Soal pilihan ganda (25 butir)	Sebelum dan sesudah pembelajaran	Siswa
2	Literasi keberlanjutan (kuantitatif)	Tes dan angket pretest dan posttest	Soal pilihan ganda & angket Likert (80 item)	Sebelum dan sesudah pembelajaran	Siswa
3	Kompetensi awal siswa (kualitatif)	Soal esai prapembelajaran	8 soal esai terbuka berbasis kompetensi ESD	Awal setiap minggu pembelajaran	Siswa
4	Refleksi proses pembelajaran (kualitatif)	Observasi langsung	Lembar observasi keterlaksanaan RADEC-ESD	Selama pembelajaran (4 minggu)	Peneliti dan Observer
5	Tanggapan terhadap pembelajaran (kuantitatif)	Angket tertutup	Angket guru & siswa skala Likert	Setelah pembelajaran	Siswa dan Guru
6	Refleksi pengalaman (kualitatif)	Wawancara semi-terstruktur	Panduan wawancara guru dan siswa	Setelah posttest	Siswa dan Guru

Sebagaimana ditampilkan dalam Tabel 3.23, data kuantitatif dikumpulkan melalui tes tertulis dan angket Likert dalam bentuk pretest–posttest, sementara data kualitatif dikumpulkan melalui soal prapembelajaran, observasi kelas, serta wawancara reflektif.

Teknik pengumpulan data dirancang agar dapat mendukung triangulasi metode dan menghasilkan pemahaman menyeluruh tentang efektivitas, pengalaman belajar, dan penerimaan terhadap produk PSSD berbasis RADEC

Ismail, 2025

*Pengembangan Pedagogi Spesifik Subyek Berbasis RADEC Berinfusi ESD Pada Tema Green Energy untuk Penguatan Kompetensi dan Literasi Keberlanjutan Siswa SMP*  
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

berinfusi ESD. Setiap teknik dikaitkan langsung dengan instrumen penelitian yang telah divalidasi, serta dijadwalkan secara sistematis agar tidak mengganggu ritme pembelajaran di kelas.

Dengan demikian, kombinasi teknik ini memungkinkan diperolehnya data yang kaya baik secara kuantitatif (objektif dan terukur) maupun kualitatif (reflektif dan kontekstual), yang penting untuk analisis menyeluruh dalam menjawab fokus penelitian.

### 3.9 Tehnik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini mencakup lima komponen utama yang sesuai dengan rangkaian prosedur dan jenis data yang dikumpulkan. Proses analisis dilakukan dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif secara terpadu dalam kerangka embedded experimental design. Berikut rincian teknik analisis data yang digunakan:

#### 3.9.1 Hasil Validasi Instrumen Penelitian

##### 3.9.1.1 Hasil Validasi Ahli

Validasi ahli dilakukan untuk menilai tingkat kesesuaian isi (*content validity*) dari instrumen yang digunakan dalam penelitian ini terhadap konstruk teoritis yang hendak diukur, khususnya kompetensi ESD dan literasi keberlanjutan. Validasi dilakukan secara kuantitatif dengan menggunakan pendekatan *Content Validity Ratio* (CVR) (Lawshe, 1975; Spoto dkk, 2023) dan *Item Content Validity Index* (I-CVI) (Aiken, 1985; de Raadt dkk, 2021).

##### a) *Content Validity Ratio* (CVR)

Rumus CVR menurut Lawshe (1975) adalah sebagai berikut:

$$CVR = \frac{(n_e - N/2)}{N/2} \quad 3.1$$

$n_e$  : jumlah ahli yang menyatakan item “esensial”

$N$  : Jumlah Total ahli

Nilai CVR berada dalam rentang  $-1$  sampai  $+1$ . Semakin tinggi nilai CVR mendekati  $+1$ , maka semakin valid item tersebut secara isi. Nilai ambang minimal CVR tergantung pada jumlah panelis. Misalnya, untuk 6 ahli, nilai minimum CVR yang signifikan secara statistik adalah 0.99.

b) *Item Content Validity Index (I-CVI)*

Rumus I-CVI menurut Aiken (1985) adalah:

$$I - CVI = \frac{\text{Jumlah ahli yang menilai "relevan"}}{\text{Jumlah ahli keseluruhan}} \quad 3.2$$

Sebelum instrumen digunakan dalam tahap uji coba dan implementasi pembelajaran, dilakukan validasi ahli secara sistematis untuk memastikan bahwa seluruh butir soal telah sesuai secara substansi, redaksional, dan kontekstual dengan konstruk kompetensi ESD dan literasi keberlanjutan yang hendak diukur. Validasi ini mencakup dua jenis instrumen utama: (1) instrumen kompetensi ESD yang terdiri atas 25 soal pilihan ganda berbasis delapan kompetensi UNESCO (2017), dan (2) instrumen literasi keberlanjutan berisi 80 butir soal dan pernyataan yang merepresentasikan empat dimensi literasi berdasarkan framework Decamps (2017) dan adaptasi Wahyuni Adam (2022). Setiap item dinilai oleh panel ahli dengan mempertimbangkan aspek relevansi indikator, kejelasan redaksi, serta kesesuaian dengan prinsip keberlanjutan dan konteks tema green energy. Secara kuantitatif, analisis validitas menggunakan dua pendekatan, yaitu *Content Validity Ratio (CVR)* dan *Item-Content Validity Index (I-CVI)*, dengan ambang batas  $I-CVI \geq 0.78$  sebagai indikator validitas untuk panel berjumlah enam atau lebih. Selain nilai I-CVI per item, dihitung pula nilai S-CVI/Ave sebagai estimasi validitas skala secara keseluruhan. Penilaian kuantitatif ini diperkuat dengan masukan kualitatif dari para ahli sebagai bahan perbaikan instrumen, sehingga dapat dipastikan bahwa setiap butir telah memenuhi standar validitas isi secara teoretis maupun praktis sebelum diterapkan pada tahap pengukuran empiris.

Berdasarkan hasil penilaian lima validator, validitas isi instrumen dianalisis menggunakan dua indikator utama, yaitu CVR dan Item I-CVI. CVR dihitung dari

sejauh mana validator menyatakan bahwa butir soal esensial untuk diukur, dan hasil menunjukkan bahwa seluruh butir memperoleh nilai  $CVR = 0,8 - 1$ , yang mengindikasikan kesepakatan penuh antar validator terhadap relevansi butir-butir soal. Sementara itu, I-CVI yang mencerminkan proporsi validator yang menilai butir soal sebagai relevan, juga menunjukkan skor sempurna yaitu 1 untuk semua butir, yang memperkuat kesimpulan bahwa setiap item soal sangat valid dalam mengukur konstruk yang ditargetkan. Secara kuantitatif, tidak ditemukan butir yang memerlukan revisi. Namun, dari masukan kualitatif, disarankan beberapa perbaikan seperti penyederhanaan bahasa, klarifikasi konteks soal, pemberian contoh konkret, serta perbaikan pada opsi jawaban agar tidak ambigu dan sesuai dengan indikator kompetensi. Saran lain mencakup penyesuaian tingkat kesulitan, penggunaan kata kerja operasional yang tepat, serta penghindaran istilah teknis yang terlalu kompleks. Dengan demikian, meskipun validitas isi tergolong sangat tinggi, penerapan saran kualitatif tersebut penting untuk mengoptimalkan keterbacaan, kejelasan, dan kesesuaian instrumen dengan tingkat kemampuan siswa

### **3.9.1.2 Hasil Uji Coba Instrumen Tes Kompetensi ESD dan Literasi Keberlanjutan**

Setelah melalui tahap validasi oleh para ahli, instrumen tes untuk mengukur kompetensi ESD dan literasi keberlanjutan kemudian diuji secara empiris guna menilai kualitas statistik dari masing-masing butir soal. Uji coba dilakukan terhadap 32 siswa kelas IX SMP Negeri Bandung Barat yang dipilih karena memiliki karakteristik serupa dengan subjek utama penelitian. Instrumen yang diuji terdiri dari 35 soal pilihan ganda kompetensi ESD, 40 butir soal literasi keberlanjutan (pengetahuan dan keterampilan), serta 40 pernyataan non-tes untuk mengukur dimensi sikap dan pola pikir. Analisis kuantitatif dilakukan melalui korelasi item-total untuk validitas butir, perhitungan koefisien reliabilitas *Cronbach's Alpha*, serta indeks kesukaran dan daya pembeda untuk soal pilihan ganda. Selain itu, instrumen juga dianalisis kesesuaiannya dengan Model Rasch untuk memastikan unidimensionalitas dan akurasi estimasi parameter. Tujuan

Ismail, 2025

*Pengembangan Pedagogi Spesifik Subyek Berbasis RADEC Berinfusi ESD Pada Tema Green Energy untuk Penguatan Kompetensi dan Literasi Keberlanjutan Siswa SMP*  
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

utama dari uji coba ini adalah untuk menyaring butir soal yang valid dan reliabel serta memastikan bahwa seluruh instrumen dapat digunakan secara tepat, akurat, dan konsisten dalam mengukur konstruk penelitian saat pretest dan posttest pada implementasi pembelajaran PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD. Hasil lengkap analisis akan disajikan pada bagian berikutnya

Tabel 3.24 Rekapitulasi Hasil Analisis Validitas Soal Kompetensi ESD

No	Kompetensi ESD	No. Soal							Jumlah Soal
		1	2	9	11	30	33		
1	Berpikir sistem	1	2	9	11	30	33		6
2	Antisipatif	6	8	12	14	17	26	34	7
3	Normatif	7	13	15	20	24	31		6
4	Strategis	3	18	22	28				4
5	Kolaborasi	19	29						2
6	Berpikir kritis	4	10	16	23	27	32		6
7	Kesadaran diri	5	25						2
8	Pemecahan masalah terintegrasi	21	35						2
<b>Total</b>									<b>35</b>

### 1) Analisis Hasil Validitas Awal

Pada tabel pertama, setiap kompetensi ESD memiliki sejumlah soal yang diuji validitasnya: (a) Soal yang tidak valid ditandai dengan warna merah → Akan dibuang; (b) Soal dengan validitas rendah ditandai dengan warna kuning → Perlu direvisi; (c) Soal yang valid tetap dipertahankan; dan (d) Terdapat 35 soal awal yang mewakili 8 kompetensi ESD.

Tabel 3.25 Rekapitulasi Hasil Analisis Validitas setelah dilakukan Revisi

No	Kompetensi ESD	No. Soal							Jumlah sebelum revisi	Jumlah setelah revisi
		1	2	9	11	30	33			
1	Berpikir sistem	1	2	9	11	30	33		6	3
2	Antisipatif	6	8	12	14	17	26	34	7	5
3	Normatif	7	13	15	20	24	31		6	5
4	Strategis	3	18	22	28				4	2

Ismail, 2025

*Pengembangan Pedagogi Spesifik Subyek Berbasis RADEC Berinfusi ESD Pada Tema Green Energy untuk Penguatan Kompetensi dan Literasi Keberlanjutan Siswa SMP*  
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

5	Kolaborasi	19	29						2	2
6	Berpikir kritis	4	10	16	23	27	32		6	4
7	Kesadaran diri	5	25						2	2
8	Pemecahan masalah terintegrasi	21	35						2	2
<b>Total</b>									<b>35</b>	<b>25</b>

Ismail, 2025

*Pengembangan Pedagogi Spesifik Subyek Berbasis RADEC Berinfusi ESD Pada Tema Green Energy untuk Penguatan Kompetensi dan Literasi Keberlanjutan Siswa SMP*

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

## 2) Perubahan Setelah Revisi

Tabel kedua menunjukkan rekapitulasi hasil setelah revisi, di mana: (a) soal tidak valid telah dihapus (kecuali beberapa yang dianggap penting (3, 18, 19)); (b) beberapa soal direvisi supaya lebih valid dan tetap mewakili kompetensi ESD; dan (c) jumlah soal setelah revisi berkurang dari 35 menjadi 25 soal, sehingga hanya soal yang benar-benar valid yang digunakan (revisi soal ada pada bagian lampiran)

Soal diujicoba kembali untuk melihat perubahan validitasnya, Hasil analisis validitas butir soal kompetensi ESD menunjukkan bahwa seluruh 25 butir soal yang telah direvisi berdasarkan masukan ahli memenuhi kriteria validitas empiris, dengan nilai korelasi Pearson terhadap skor total berkisar antara 0,480 hingga 0,868 (dapat dilihat pada lampiran). Rentang korelasi ini mengindikasikan kekuatan hubungan yang tergolong kuat hingga sangat kuat antara masing-masing butir dengan konstruk kompetensi ESD secara keseluruhan, memperlihatkan bahwa setiap soal mampu merepresentasikan indikator yang diukur secara akurat dan tidak terjadi deviasi yang mencolok antaritem. Uji signifikansi dua arah (Sig. 2-tailed) menghasilkan p-value di bawah 0,05 untuk seluruh soal, yang memperkuat validitas korelasi tersebut secara statistik, termasuk soal nomor 1 yang mencatat nilai 0,005. Dengan menggunakan batas kritis r-tabel sebesar 0,334 ( $N = 32$ ,  $\alpha = 0,05$ ), seluruh soal berhasil melampaui ambang ini, sehingga dinyatakan valid secara statistik dan tidak ada yang perlu dieliminasi atau direvisi lebih lanjut.

Tabel 3.26 menampilkan hasil analisis reliabilitas instrumen kompetensi ESD menggunakan pendekatan Model Rasch. Hasil menunjukkan bahwa nilai Person Reliability mencapai 0,84, yang mengindikasikan tingkat reliabilitas yang sangat baik. Ini berarti para responden dapat diklasifikasikan atau dikelompokkan secara konsisten berdasarkan tingkat kompetensinya, sehingga instrumen tersebut dapat diandalkan dalam membedakan kemampuan antar individu.

Tabel 3.26 Hasil Analisis Reliability Statistics Soal Kompetensi ESD

Statistik	Nilai	Interpretasi
Person Reliability	0,84	Reliabilitas sangat baik. Responden dapat dikelompokkan secara konsisten.
Item Reliability	0,91	Tinggi, menunjukkan bahwa item mampu merepresentasikan konstruk dengan stabil.
Person Separation Index	2,30	Mampu mengelompokkan responden ke dalam $\geq 3$ tingkatan kompetensi.
Item Separation Index	3,40	Item tersebar cukup baik untuk membedakan tingkat kesulitan.
Infit MNSQ (rata-rata)	0,98	Sesuai (rentang ideal 0,5–1,5), item bekerja dengan baik secara statistik.
Outfit MNSQ (rata-rata)	1,01	Tidak ada outlier ekstrem, semua respons sesuai dengan model.

Selanjutnya, nilai Item Reliability tercatat sebesar 0,91. Angka ini termasuk dalam kategori tinggi, yang menunjukkan bahwa butir-butir soal dalam instrumen mampu merepresentasikan konstruk yang diukur secara stabil. Hal ini memperkuat validitas internal instrumen karena setiap item memiliki konsistensi yang kuat dalam pengukuran.

Pada dimensi Person Separation Index, nilai sebesar 2,30 menunjukkan kemampuan instrumen untuk mengelompokkan responden ke dalam minimal tiga tingkatan kompetensi yang berbeda. Hal ini menegaskan bahwa instrumen dapat digunakan untuk membedakan responden yang memiliki level kemampuan rendah, sedang, dan tinggi secara efektif.

Sementara itu, Item Separation Index memiliki nilai sebesar 3,40. Nilai ini menunjukkan bahwa distribusi butir soal cukup baik untuk membedakan tingkat kesulitan antar item. Artinya, butir soal tersebar secara merata dari yang mudah hingga yang sulit, memberikan cakupan evaluasi yang lebih komprehensif terhadap kompetensi siswa.

Dari segi kesesuaian statistik item, nilai Infit MNSQ rata-rata tercatat sebesar 0,98, berada dalam rentang ideal antara 0,5 hingga 1,5. Ini menandakan bahwa item dalam instrumen bekerja dengan baik secara statistik, tanpa adanya ketidaksesuaian signifikan antara data dan model.

Terakhir, Outfit MNSQ rata-rata sebesar 1,01 mengindikasikan bahwa tidak terdapat outlier ekstrem dalam respons peserta didik. Dengan kata lain, semua respons siswa berada dalam rentang prediksi model Rasch, sehingga instrumen dapat dianggap valid dan fit terhadap data aktual.

Secara keseluruhan, seluruh parameter statistik dalam tabel tersebut mendukung kesimpulan bahwa instrumen asesmen kompetensi ESD ini memiliki tingkat reliabilitas yang tinggi dan kualitas pengukuran yang sangat baik berdasarkan Model Rasch.

Tabel 3.27 Analisis Tingkat Kesukaran dan Daya Beda Soal Kompetensi ESD

Nomor Soal	Proporsi Jawaban Benar	Kategori Kesukaran	Korelasi ( $r_{pb}$ ) dengan Skor Total	Kategori Daya Pembeda
1	0,80	Mudah	0,35	Cukup
2	0,75	Mudah	0,30	Cukup
3	0,52	Sedang	0,45	Baik
4	0,45	Sedang	0,38	Cukup
5	0,60	Sedang	0,40	Baik
6	0,25	Sulit	0,30	Cukup
7	0,33	Sedang	0,32	Cukup
8	0,67	Sedang	0,42	Baik
9	0,10	Sulit	0,35	Cukup
10	0,55	Sedang	0,44	Baik
11	0,40	Sedang	0,33	Cukup
12	0,30	Sedang	0,38	Cukup
13	0,62	Sedang	0,41	Baik
14	0,85	Mudah	0,30	Cukup
15	0,50	Sedang	0,39	Cukup
16	0,20	Sulit	0,35	Cukup
17	0,37	Sedang	0,30	Cukup
18	0,43	Sedang	0,35	Cukup
19	0,29	Sulit	0,38	Cukup
20	0,58	Sedang	0,46	Baik
21	0,47	Sedang	0,32	Cukup
22	0,15	Sulit	0,32	Cukup
23	0,66	Sedang	0,40	Baik
24	0,72	Mudah	0,37	Cukup
25	0,33	Sedang	0,34	Cukup

*Keterangan:*

**Tingkat kesukaran soal**

**Mudah** ( $p \geq 0,70$ )

**Sedang** ( $0,30 \leq p < 0,70$ )

**Sulit** ( $p < 0,30$ )

**Daya Pembeda**

**Baik** ( $r_{pb} \geq 0,40$ )

**Cukup** ( $0,30 \leq r_{pb} < 0,40$ ),

**Kurang** ( $0,20 \leq r_{pb} < 0,30$ )

**Jelek** ( $r_{pb} < 0,20$ ).

Nilai  $r_{pb}$  adalah korelasi point-biserial antara skor butir dan total skor.

Analisis terhadap kualitas diagnostik butir soal kompetensi ESD dilakukan melalui dua parameter utama, yaitu indeks kesukaran dan daya pembeda. Dari hasil uji coba empiris terhadap 25 butir soal yang telah divalidasi isi, ditemukan bahwa mayoritas soal (72%) berada pada kategori tingkat kesukaran sedang, menjadikannya ideal dalam menilai variasi kemampuan siswa secara adil dan seimbang. Sementara itu, sebanyak 4 soal tergolong mudah dan 5 soal termasuk kategori sulit. Soal-soal yang mudah cenderung kurang efektif dalam membedakan antara siswa yang menguasai materi dan yang tidak, sedangkan soal yang tergolong sulit perlu ditinjau lebih lanjut karena mungkin mengandung ambiguitas atau terlalu kompleks secara kognitif bagi siswa.

Dari segi daya pembeda, sebagian besar butir berada pada kategori cukup (72%), dan sebanyak 28% masuk dalam kategori baik, menandakan bahwa mayoritas soal mampu membedakan secara moderat hingga kuat antara siswa dengan pemahaman tinggi dan rendah. Tidak ada soal yang menunjukkan daya pembeda rendah, yang memperkuat bahwa semua butir setidaknya memiliki kemampuan diagnostik minimal. Namun demikian, evaluasi lanjutan terhadap soal dengan daya pembeda sedang perlu dilakukan, khususnya dalam penyusunan opsi jawaban atau formulasi konteks soal agar potensi diskriminatif dapat ditingkatkan. Secara keseluruhan, analisis ini menunjukkan bahwa instrumen soal kompetensi ESD cukup kuat dalam hal kualitas pengukuran, namun tetap memiliki ruang perbaikan untuk peningkatan efektivitas selektif item.

Ismail, 2025

*Pengembangan Pedagogi Spesifik Subyek Berbasis RADEC Berinfusi ESD Pada Tema Green Energy untuk Penguatan Kompetensi dan Literasi Keberlanjutan Siswa SMP*  
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Setelah melalui tahap validasi isi oleh ahli, uji coba empiris juga dilakukan terhadap instrumen literasi keberlanjutan yang terdiri atas empat dimensi: pengetahuan, keterampilan, sikap, dan pola pikir. Setiap dimensi diukur melalui 20 butir soal atau pernyataan, dengan jenis item berupa pilihan ganda (untuk pengetahuan dan keterampilan) dan skala Likert (untuk sikap dan pola pikir). Uji coba ini melibatkan siswa kelas IX dari sekolah yang tidak termasuk dalam sampel implementasi utama, untuk menjamin netralitas hasil analisis. Hasil validitas empiris terhadap dimensi pengetahuan menunjukkan bahwa semua item memiliki korelasi yang signifikan dan kuat terhadap total skor ( $r > 0.30$ ), tanpa ada butir yang harus dieliminasi. Hal ini menegaskan bahwa desain soal telah tepat sasaran dan mampu mengukur konsep keberlanjutan sesuai kerangka teoritis yang digunakan, serta memberikan landasan statistik yang kokoh untuk penggunaannya dalam evaluasi pembelajaran PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD.

Tabel 3.28 Hasil Analisis Validasi Soal Literasi Keberlanjutan Dimensi Pengetahuan

No. Soal	Pearson Correlation (r)	Sig. (2-tailed)	Status Validitas
Soal 1	0,901	0,000	Valid
Soal 2	0,753	0,000	Valid
Soal 3	0,812	0,000	Valid
Soal 4	0,678	0,000	Valid
Soal 5	0,805	0,000	Valid
Soal 6	0,719	0,000	Valid
Soal 7	0,888	0,000	Valid
Soal 8	0,756	0,000	Valid
Soal 9	0,832	0,000	Valid
Soal 10	0,791	0,000	Valid
Soal 11	0,845	0,000	Valid
Soal 12	0,693	0,000	Valid
Soal 13	0,769	0,000	Valid
Soal 14	0,710	0,000	Valid
Soal 15	0,451	0,000	Valid
Soal 16	0,823	0,000	Valid
Soal 17	1,000	0,000	Valid
Soal 18	0,897	0,000	Valid
Soal 19	0,812	0,000	Valid

Ismail, 2025

*Pengembangan Pedagogi Spesifik Subyek Berbasis RADEC Berinfusi ESD Pada Tema Green Energy untuk Penguatan Kompetensi dan Literasi Keberlanjutan Siswa SMP*  
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

No. Soal	Pearson Correlation (r)	Sig. (2-tailed)	Status Validitas
Soal 20	0,803	0,000	Valid

Hasil analisis korelasi Pearson terhadap butir-butir soal dimensi pengetahuan literasi keberlanjutan menunjukkan validitas empiris yang sangat baik, dengan rentang nilai korelasi antara 0.451 hingga 0.939. Seluruh nilai Sig. (2-tailed) tercatat di bawah ambang batas 0.05, menandakan bahwa hubungan antara masing-masing butir dan total skor signifikan secara statistik dan tidak bersifat kebetulan. Tingginya korelasi pada beberapa butir seperti S1 (0.901), S7 (0.888), dan S17 (1.000) menunjukkan kontribusi yang sangat kuat terhadap keseluruhan konstruk, sementara soal dengan korelasi terendah (S15 = 0.451) masih memenuhi kriteria validitas minimum ( $>0.30$ ). Temuan ini memperkuat bahwa setiap item dalam instrumen secara konsisten merepresentasikan aspek-aspek kunci dari pengetahuan keberlanjutan yang ingin diukur, serta layak untuk digunakan dalam asesmen atau penelitian yang menuntut pengukuran berbasis bukti. Selanjutnya, pengujian reliabilitas akan dilakukan untuk memastikan konsistensi internal instrumen secara keseluruhan.

Tabel 3.29 *Realibility Statistic* Soal Literasi Keberlanjutan Dimensi Pengetahuan

Statistik	Nilai	Interpretasi
Person Reliability	0,82	Reliabilitas sangat baik. Responden dapat dikelompokkan secara konsisten.
Item Reliability	0,89	Tinggi, menunjukkan bahwa item mampu merepresentasikan konstruk secara stabil.
Person Separation Index	2,10	Mampu mengelompokkan responden ke dalam $\geq 3$ tingkatan kompetensi.
Item Separation Index	3,10	Item tersebar dengan baik untuk membedakan tingkat kesulitan.
Infit MNSQ (rata-rata)	0,97	Sesuai (rentang ideal 0,5–1,5), item bekerja dengan baik secara statistik.
Outfit MNSQ (rata-rata)	1,02	Tidak ada outlier ekstrem, semua respons sesuai dengan model.

Instrumen literasi keberlanjutan pada dimensi pengetahuan menunjukkan reliabilitas yang sangat baik berdasarkan model Rasch. Nilai *person reliability* sebesar 0,82 menunjukkan bahwa responden dapat dikelompokkan secara konsisten berdasarkan tingkat kemampuan mereka. Hal ini berarti bahwa data yang diperoleh dari responden stabil dan dapat dipercaya untuk mengukur kompetensi yang ditargetkan. Keandalan ini penting karena menunjukkan bahwa variasi skor berasal dari perbedaan kemampuan siswa, bukan dari ketidakteraturan instrumen.

Dari sisi *item reliability*, diperoleh nilai sebesar 0,89 yang tergolong tinggi. Ini mengindikasikan bahwa butir-butir soal mampu merepresentasikan konstruk literasi keberlanjutan secara stabil dan akurat. Artinya, soal yang disusun cukup kuat dalam mengukur dimensi pengetahuan yang diharapkan, dan cenderung memberikan hasil yang konsisten dalam berbagai konteks responden yang berbeda.

Nilai *person separation index* sebesar 2,10 menandakan bahwa responden dapat dikelompokkan ke dalam paling tidak tiga tingkatan kompetensi. Hal ini penting karena menunjukkan bahwa instrumen ini cukup sensitif dalam membedakan siswa berdasarkan tingkat pemahaman mereka terhadap literasi keberlanjutan. Dengan indeks ini, guru atau peneliti dapat membuat keputusan berbasis data untuk merancang pembelajaran yang lebih tepat sasaran.

Sementara itu, *item separation index* sebesar 3,10 menunjukkan bahwa item tersebar cukup baik dalam membedakan tingkat kesulitan. Artinya, soal yang disusun mampu mencakup spektrum kemampuan siswa dari yang rendah hingga tinggi, sehingga distribusi kesulitan soal berada pada tingkat yang optimal dan merata.

Terakhir, nilai rata-rata *infit MNSQ* sebesar 0,97 dan *outfit MNSQ* sebesar 1,02 berada dalam rentang ideal 0,5 hingga 1,5. Ini berarti bahwa tidak terdapat item atau respon yang ekstrem, dan semua butir soal bekerja secara statistik sesuai dengan model Rasch. Kesesuaian ini memperkuat validitas internal instrumen, memastikan bahwa item yang digunakan mengukur aspek yang dimaksud secara tepat dan tidak menyimpang dari harapan model teoritis.

Tabel 3.30 Hasil Analisis Validasi Soal Literasi Keberlanjutan Dimensi Keterampilan

No. Soal	Pearson Correlation (r)	Sig. (2-tailed)	Status Validitas
Soal 1	0.54	0.003	Valid
Soal 2	0.51	0.003	Valid
Soal 3	0.64	0.000	Valid
Soal 4	0.69	0.000	Valid
Soal 5	0.73	0.000	Valid
Soal 6	0.79	0.000	Valid
Soal 7	0.85	0.000	Valid
Soal 8	0.85	0.000	Valid
Soal 9	0.87	0.000	Valid
Soal 10	0.88	0.000	Valid
Soal 11	0.88	0.000	Valid
Soal 12	0.88	0.000	Valid
Soal 13	0.87	0.000	Valid
Soal 14	0.85	0.000	Valid
Soal 15	0.84	0.000	Valid
Soal 16	0.79	0.000	Valid
Soal 17	0.76	0.000	Valid
Soal 18	0.69	0.000	Valid
Soal 19	0.64	0.000	Valid
Soal 20	0.59	0.000	Valid

Analisis validitas empiris terhadap 20 butir soal pada dimensi keterampilan literasi keberlanjutan menunjukkan bahwa seluruh item memiliki korelasi Pearson yang signifikan dan positif terhadap skor total, dengan rentang nilai antara 0.51 hingga 0.88. Tiga soal (S1, S2, dan S20) termasuk dalam kategori validitas moderat (0.40–0.59), sembilan soal menunjukkan validitas kuat (0.60–0.79), dan sembilan lainnya berada pada kategori sangat kuat ( $\geq 0.80$ ), yang menandakan bahwa sebagian besar item sangat representatif dalam mengukur keterampilan keberlanjutan. Seluruh nilai signifikansi (Sig. 2-tailed)  $\leq 0.003$  memperkuat bahwa korelasi antarbutir dan skor total tidak terjadi secara kebetulan, melainkan sah secara statistik. Hal ini mengindikasikan bahwa semua butir instrumen telah memenuhi kriteria validitas empiris dan siap digunakan dalam asesmen

keterampilan literasi keberlanjutan, baik untuk pretest–posttest maupun sebagai instrumen evaluatif dalam pengembangan pembelajaran yang menekankan pada kemampuan keberlanjutan siswa.

Tabel 3.31 *Realibily Statistic* Soal Literasi Keberlanjutan Dimensi Keterampilan

<b>Statistik</b>	<b>Nilai</b>	<b>Interpretasi</b>
Person Reliability	0,81	Reliabilitas sangat baik. Responden dapat dikelompokkan secara konsisten.
Item Reliability	0,88	Tinggi, menunjukkan bahwa item mampu merepresentasikan konstruk dengan stabil.
Person Separation Index	2,00	Mampu mengelompokkan responden ke dalam $\geq 3$ tingkatan kompetensi.
Item Separation Index	3,20	Item tersebar cukup baik untuk membedakan tingkat kesulitan.
Infit MNSQ (rata-rata)	0,99	Sesuai (rentang ideal 0,5–1,5), item bekerja dengan baik secara statistik.
Outfit MNSQ (rata-rata)	1,02	Tidak ada outlier ekstrem, semua respons sesuai dengan model.

Berdasarkan hasil analisis reliabilitas soal literasi keberlanjutan dimensi keterampilan menggunakan Model Rasch, diperoleh nilai person reliability sebesar 0,81. Nilai ini menunjukkan bahwa tingkat konsistensi responden dalam menjawab soal tergolong sangat baik. Artinya, responden dapat dikelompokkan secara stabil berdasarkan tingkat kompetensinya.

Sementara itu, nilai item reliability mencapai 0,88, yang menunjukkan bahwa butir-butir soal memiliki kemampuan tinggi dalam merepresentasikan konstruk keterampilan yang diukur. Ini menandakan bahwa setiap soal dirancang dengan baik dan dapat mengukur aspek yang diinginkan secara konsisten dan akurat.

Nilai person separation index sebesar 2,00 menunjukkan bahwa model mampu membedakan responden ke dalam lebih dari tiga tingkatan kemampuan keterampilan. Ini penting dalam konteks asesmen pendidikan karena memungkinkan pemetaan level kompetensi siswa secara lebih rinci. Di sisi lain, item separation index yang mencapai 3,20 memperlihatkan bahwa item tersebar

cukup baik dan dapat digunakan untuk membedakan tingkat kesulitan soal secara memadai.

Terakhir, nilai infit MNSQ rata-rata sebesar 0,99 dan outfit MNSQ rata-rata sebesar 1,02 keduanya berada dalam rentang ideal 0,5–1,5. Hal ini mengindikasikan bahwa semua item bekerja sesuai dengan ekspektasi model Rasch dan tidak ditemukan adanya respons ekstrem yang menyimpang. Oleh karena itu, keseluruhan instrumen dapat dikatakan memiliki performa statistik yang baik dalam mengukur literasi keberlanjutan dimensi keterampilan.

Tabel 3.32 Analisis Validitas Soal Literasi Keberlanjutan Dimensi Sikap

Soal	Korelasi Pearson	Signifikansi (p-value)	Kategori Validitas
S1	0,895	0,0000	Valid
S2	0,824	0,0000	Valid
S3	0,851	0,0000	Valid
S4	0,868	0,0000	Valid
S5	0,856	0,0000	Valid
S6	0,849	0,0000	Valid
S7	0,707	0,0000	Valid
S8	0,85	0,0000	Valid
S9	0,839	0,0000	Valid
S10	0,849	0,0000	Valid
S11	0,841	0,0000	Valid
S12	0,822	0,0000	Valid
S13	0,856	0,0000	Valid
S14	0,778	0,0000	Valid
S15	0,822	0,0000	Valid
S16	0,861	0,0000	Valid
S17	0,839	0,0000	Valid
S18	0,836	0,0000	Valid
S19	0,801	0,0000	Valid
S20	0,829	0,0000	Valid

Hasil analisis validitas instrumen dimensi sikap menunjukkan bahwa seluruh pernyataan dalam angket memiliki kualitas korelasi yang sangat baik terhadap konstruk sikap keberlanjutan. Nilai korelasi Pearson yang berkisar antara 0,707 hingga 0,895 menunjukkan kekuatan asosiasi yang tinggi antara masing-masing

item dengan skor total. Seluruh nilai signifikansi ( $p\text{-value} = 0,000$ ) berada di bawah batas kritis 0,05, menandakan bahwa korelasi tersebut signifikan secara statistik. Berdasarkan interpretasi kategori validitas, seluruh butir berada dalam rentang korelasi  $> 0,70$ , yang diklasifikasikan sebagai “sangat baik.” Ini menandakan bahwa setiap item memiliki daya representasi yang kuat terhadap variabel sikap yang diukur.

Tabel 3.33 *Reliability Statistic* Soal Literasi Keberlanjutan Dimensi Sikap

<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>N of Items</i>
,976	20

Tabel 3.34 *Cronbach's Alpha* Soal Literasi Keberlanjutan Dimensi Sikap

	<i>Scale Mean if Item Deleted</i>	<i>Scale Variance if Item Deleted</i>	<i>Corrected Item-Total Correlation</i>	<i>Cronbach's Alpha if Item Deleted</i>
S1	61,91	331,765	,881	,974
S2	61,09	342,539	,805	,975
S3	62,66	334,943	,831	,975
S4	61,88	334,565	,850	,975
S5	61,94	334,706	,836	,975
S6	61,91	335,636	,829	,975
S7	60,59	356,184	,688	,977
S8	62,66	336,555	,832	,975
S9	61,13	342,306	,822	,975
S10	61,91	335,636	,829	,975
S11	61,88	335,855	,820	,975
S12	61,16	341,620	,802	,975
S13	61,94	334,706	,836	,975
S14	63,47	350,257	,760	,976
S15	62,78	337,983	,800	,975
S16	61,91	334,281	,842	,975
S17	61,13	342,306	,822	,975
S18	62,78	338,951	,817	,975

Ismail, 2025

*Pengembangan Pedagogi Spesifik Subyek Berbasis RADEC Berinfusi ESD Pada Tema Green Energy untuk Penguatan Kompetensi dan Literasi Keberlanjutan Siswa SMP*  
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

S19	61,13	342,952	,780	,975
S20	62,75	336,839	,807	,975

Instrumen sikap literasi keberlanjutan menunjukkan reliabilitas yang sangat tinggi dengan nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0,976, menandakan konsistensi internal yang luar biasa dalam mengukur konstruk sikap keberlanjutan. Angka ini jauh melampaui ambang minimal 0,70 yang lazim digunakan sebagai indikator reliabilitas, sehingga memberikan keyakinan bahwa semua butir soal dalam instrumen bekerja secara harmonis untuk menangkap respons peserta didik secara stabil dan akurat. Dari analisis *Corrected Item-Total Correlation*, hampir seluruh item mencatat nilai di atas 0,70, menunjukkan keterkaitan yang sangat kuat terhadap total skor, sementara item dengan nilai terendah, S7 (0,688), masih berada dalam batas yang dapat diterima. Evaluasi lebih lanjut melalui *Cronbach's Alpha if Item Deleted* menunjukkan bahwa tidak ada item, termasuk S7, yang jika dihapus akan secara signifikan meningkatkan reliabilitas total (kisaran tetap stabil antara 0,974 hingga 0,977). Temuan ini mengindikasikan bahwa seluruh item tetap berkontribusi positif terhadap integritas instrumen. Meskipun S7 memiliki performa relatif lebih rendah, hal tersebut tidak cukup kuat secara statistik untuk menjadi dasar penghapusan, tetapi tetap dapat dipertimbangkan untuk revisi redaksional melalui evaluasi kualitatif. Dengan demikian, instrumen ini dipastikan siap digunakan dalam berbagai konteks penelitian maupun asesmen sikap keberlanjutan siswa dengan tingkat kepercayaan yang tinggi.

Tabel 3.35 Analisis Validitas Soal Literasi Keberlanjutan Dimensi Pola Pikir

Soal	Korelasi Pearson	Signifikansi (p-value)	Kategori Validitas
S1	0,711	0,0000	Sangat Baik
S2	0,616	0,0000	Cukup
S3	0,782	0,0000	Sangat Baik
S4	0,544	0,0010	Cukup
S5	0,648	0,0000	Cukup
S6	0,738	0,0000	Sangat Baik
S7	0,683	0,0000	Cukup
S8	0,436	0,0130	Cukup

Ismail, 2025

*Pengembangan Pedagogi Spesifik Subyek Berbasis RADEC Berinfusi ESD Pada Tema Green Energy untuk Penguatan Kompetensi dan Literasi Keberlanjutan Siswa SMP*  
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Soal	Korelasi Pearson	Signifikansi (p-value)	Kategori Validitas
S9	0,506	0,0030	Cukup
S10	0,665	0,0000	Cukup
S11	0,509	0,0030	Cukup
S12	0,529	0,0020	Cukup
S13	0,446	0,0100	Cukup
S14	0,623	0,0000	Cukup
S15	0,529	0,0020	Cukup
S16	0,575	0,0010	Cukup
S17	0,417	0,0080	Cukup
S18	0,692	0,0000	Cukup
S19	0,47	0,0070	Cukup
S20	0,681	0,0000	Cukup

Hasil analisis validitas terhadap instrumen dimensi pola pikir literasi keberlanjutan menunjukkan bahwa dari 20 butir pernyataan, tiga di antaranya (S1, S3, S6) tergolong dalam kategori validitas sangat baik dengan nilai korelasi Pearson di atas 0,70, mengindikasikan keterkaitan yang kuat dengan konstruk yang diukur dan dapat dipertahankan tanpa revisi. Sebanyak 17 soal lainnya menunjukkan validitas cukup ( $r$  berkisar antara 0,40–0,69), yang masih memenuhi kriteria minimum tetapi beberapa—seperti S8 (0,436), S13 (0,446), dan S17 (0,417)—perlu ditinjau kembali untuk penyempurnaan redaksional atau kesesuaian makna dengan dimensi pola pikir. Tidak ditemukan soal yang memiliki validitas rendah ( $r < 0,40$ ), yang berarti seluruh item masih berkontribusi terhadap keseluruhan konstruk. Seluruh nilai signifikansi ( $p < 0,05$ ) menunjukkan hubungan yang signifikan secara statistik, meskipun soal S17 mencatat nilai tertinggi pada ambang signifikansi ( $p = 0,008$ ), yang patut diperhatikan dalam evaluasi kualitatif. Secara umum, instrumen ini menunjukkan validitas yang memadai untuk mengukur pola pikir keberlanjutan, dengan ruang perbaikan pada beberapa item agar instrumen menjadi lebih akurat dan representatif.

Tabel 3.36 *Reliability Statistic* Soal Literasi Keberlanjutan Dimensi Pola Pikir

<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>N of Items</i>
,900	20

Tabel 3.37 *Cronbach's Alpha* Soal Literasi Keberlanjutan Dimensi Pola Pikir

	<i>Scale Mean if Item Deleted</i>	<i>Scale Variance if Item Deleted</i>	<i>Corrected Item-Total Correlation</i>	<i>Cronbach's Alpha if Item Deleted</i>
S1	78,22	63,725	,668	,891
S2	78,13	64,435	,559	,894
S3	78,38	61,919	,742	,889
S4	78,19	65,512	,483	,896
S5	78,34	63,846	,593	,893
S6	78,13	63,468	,699	,890
S7	78,25	63,742	,634	,892
S8	78,59	66,701	,364	,899
S9	78,00	66,194	,445	,897
S10	78,13	64,306	,617	,893
S11	78,13	65,145	,433	,898
S12	78,44	66,254	,473	,896
S13	78,28	66,144	,368	,900
S14	78,34	63,781	,561	,894
S15	78,41	65,668	,466	,896
S16	78,25	65,032	,515	,895
S17	78,25	68,516	,250	,901
S18	78,25	61,613	,630	,892
S19	78,28	66,725	,408	,898
S20	78,16	62,910	,626	,892

Hasil analisis reliabilitas terhadap instrumen sikap literasi keberlanjutan menunjukkan bahwa instrumen ini memiliki reliabilitas tinggi dengan nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,900, menandakan konsistensi internal yang baik dan layak digunakan untuk mengukur konstruk yang dimaksud. Mayoritas item

Ismail, 2025

*Pengembangan Pedagogi Spesifik Subyek Berbasis RADEC Berinfusi ESD Pada Tema Green Energy untuk Penguatan Kompetensi dan Literasi Keberlanjutan Siswa SMP*  
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

menunjukkan korelasi item-total yang memadai di atas 0,40, dengan butir S3 (0,742) dan S6 (0,699) mencatatkan hubungan paling kuat terhadap skor total. Namun demikian, terdapat beberapa item seperti S17 (0,250), S8 (0,364), dan S13 (0,368) yang menunjukkan kontribusi relatif rendah, sehingga perlu dievaluasi lebih lanjut apakah butir-butir tersebut perlu direvisi atau diganti untuk meningkatkan representasi konstruk. Analisis *Cronbach's Alpha* jika item dihapus memperlihatkan bahwa tidak ada satu pun butir yang secara signifikan menurunkan reliabilitas, meskipun penghapusan item S17 sedikit menaikkan nilai alpha menjadi 0,901, mengindikasikan potensi peningkatan reliabilitas jika butir tersebut direvisi. Dengan demikian, secara keseluruhan, instrumen ini cukup andal namun masih memiliki ruang perbaikan pada beberapa item untuk meningkatkan presisi pengukuran sikap literasi keberlanjutan.

### 3.9.2 Analisis data pre-posttest hasil implementasi

Analisis data pretest dan posttest dalam penelitian ini dilakukan dengan pendekatan Model Rasch berbasis *stacking* dan *racking*, untuk memperoleh pemahaman komprehensif mengenai dinamika perubahan kompetensi siswa secara individual maupun kolektif. Model Rasch memungkinkan konversi skor mentah menjadi skala logit yang merepresentasikan kemampuan dan kesukaran dalam unit yang sebanding, sehingga dapat dianalisis secara linier dan objektif (Bond & Fox, 2015).

- a. *Stacking* adalah prosedur menggabungkan data pretest dan posttest menjadi satu file horizontal (dalam satu skor person per kondisi) sehingga memungkinkan perbandingan kinerja siswa antar waktu (pre-post) menggunakan skala logit yang sama. Ini mengidentifikasi perubahan kemampuan ( $\theta$ ) setiap individu secara langsung dalam satu dimensi pengukuran yang seragam.
- b. *Racking*, sebaliknya, menggabungkan data secara vertikal berdasarkan item yang sama, sehingga menempatkan pretest dan posttest sebagai dua “versi” pengukuran yang memungkinkan evaluasi stabilitas butir soal dan perubahan

kesukaran butir antar waktu. Ini digunakan untuk mendeteksi adanya *item drift* atau *differential item functioning (DIF)* antara dua kondisi pengukuran.

Model Rasch satu parameter (1PL) untuk data dikotomis digunakan dalam penelitian ini. Persamaannya:

$$P_{ni} = \frac{e^{\theta_n - \beta_i}}{1 + e^{\theta_n - \beta_i}} \quad 3.3$$

di mana:

- $P_{ni}$  : Probabilitas siswa nn menjawab benar soal ii,
- $\theta_n$  : Kemampuan siswa (logit person),
- $\beta_i$  : Kesukaran soal (logit item),
- $e$  : Basis logaritma natural (Euler's number).

Model ini mengasumsikan bahwa peluang menjawab benar bergantung sepenuhnya pada selisih antara kemampuan siswa dan tingkat kesukaran butir soal.

#### a) Tingkat Kesukaran Soal dan Kategorisasi Logit

Tingkat kesukaran soal ditentukan berdasarkan nilai logit item  $\beta$ , dan diklasifikasikan sebagai berikut:

Tabel 3.38 Kategori Logit Kesukaran Item (Boone, 2016; Linacre, 2021; Wright & Masters, 1982)

Kategori	Rentang Logit Kesukaran ( $\beta$ )
Sangat Mudah	$\beta < -2.0$
Mudah	$-1.99 \leq \beta < -0.5$
Sedang	$-0.499 \leq \beta \leq 0.5$
Sulit	$0.499 < \beta \leq 1.99$
Sangat Sulit	$\beta > 2.0$

#### b) Interpretasi Person Ability (LVP)

Untuk menilai kemampuan siswa berdasarkan hasil *stacking*, digunakan Logit Value Person (LVP) yang dikelompokkan ke dalam empat kategori:

Tabel 3.39 Kategori Logit Value Person (Boone, 2016; Linacre, 2021; Wright & Masters, 1982)

Kategori Kemampuan	Rentang Nilai LVP
--------------------	-------------------

Ismail, 2025

*Pengembangan Pedagogi Spesifik Subyek Berbasis RADEC Berinfusi ESD Pada Tema Green Energy untuk Penguatan Kompetensi dan Literasi Keberlanjutan Siswa SMP*  
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Sangat Tinggi	$LVP \geq \text{Mean} + \text{SD}$
Tinggi	$\text{Mean} \leq LVP < \text{Mean} + \text{SD}$
Sedang	$\text{Mean} - \text{SD} < LVP < \text{Mean}$
Rendah	$LVP \leq \text{Mean} - \text{SD}$

Analisis *stacking* menunjukkan peningkatan logit person secara agregat dan individual, yang mengonfirmasi terjadinya perubahan kompetensi (learning gain) setelah implementasi pembelajaran. Sementara itu, hasil *racking* mengindikasikan bahwa sebagian besar butir tetap stabil dari segi kesukaran, meskipun beberapa menunjukkan kecenderungan *item drift* akibat pengaruh strategi pembelajaran baru.

### 3.9.3 Hasil Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran

Analisis keterlaksanaan pembelajaran merupakan komponen penting dalam mengevaluasi konsistensi implementasi rancangan pedagogis berbasis PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD. Observasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap tahapan dalam desain pembelajaran dilaksanakan sesuai dengan prinsip pedagogik, muatan ESD, serta karakteristik instrumen dan materi yang dikembangkan.

Instrumen observasi disusun dalam bentuk lembar penilaian berbasis kriteria (rubrik analitik), yang terdiri atas indikator-indikator spesifik yang merepresentasikan lima tahap model RADEC (*Read–Answer–Discuss–Explain–Create*). Setiap indikator diamati berdasarkan empat skala tingkat keterlaksanaan:

Tabel 3.40 Kategori Keterlaksanaan Pembelajaran (Sudjana, 2005)

Keterlaksanaan Pembelajaran	Kategori
$KP \geq 90\%$	Sangat Baik
$80\% \leq KP < 90\%$	Baik
$70\% \leq KP < 80\%$	Cukup
$60\% \leq KP < 70\%$	Lemah
$KP < 60\%$	Sangat Lemah

Skor keterlaksanaan dikonversi menjadi persentase menggunakan rumus:

$$\% \text{ Keterlaksanaan Pembelajaran} = \left( \frac{\text{Kegiatan yang terlaksana}}{\text{Jumlah Kegiatan}} \right) \times 100\% \quad 3.4$$

Analisis dilengkapi dengan refleksi deskriptif untuk menjelaskan faktor penghambat atau pendukung keterlaksanaan pada setiap tahap RADEC. Keterangan ini digunakan untuk menilai *fidelity of implementation* (kesetiaan implementasi), yang penting dalam studi pengembangan kurikulum berbasis model 4D (Thiagarajan, 1974).

### 3.9.4 Hasil Wawancara Guru dan Siswa

Analisis data hasil wawancara bertujuan untuk menggali perspektif mendalam dari guru dan siswa mengenai pengalaman mereka dalam pelaksanaan pembelajaran berbasis Subject-Specific Pedagogy berbasis Education for Sustainable Development (PSSD BERBASIS RADEC BERINFUSI ESD). Wawancara digunakan untuk mengidentifikasi aspek yang tidak tertangkap oleh data kuantitatif, seperti persepsi, motivasi, tantangan, dan nilai-nilai reflektif yang timbul selama proses implementasi pembelajaran berbasis model RADEC.

Instrumen wawancara disusun dalam bentuk pedoman wawancara semi-terstruktur, dengan pertanyaan yang dirancang untuk mencerminkan indikator kompetensi ESD, tahapan pembelajaran RADEC, dan prinsip keberlanjutan. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui wawancara langsung secara individual, didokumentasikan dalam bentuk audio dan catatan lapangan, kemudian ditranskrip verbatim untuk keperluan analisis.

#### 3.9.4.1 Teknik Analisis Data Kualitatif

Data wawancara dianalisis menggunakan pendekatan tematik dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) **Transkripsi Verbatim:** Seluruh rekaman wawancara ditranskripsikan secara lengkap untuk menjaga keutuhan data.
- 2) **Open Coding:** Proses identifikasi unit makna berdasarkan kata kunci, frasa, atau ekspresi yang relevan.
- 3) **Axial Coding:** Pengelompokan kode ke dalam kategori yang saling berkaitan (dimensi pedagogik, ESD, emosi, motivasi, dll).

Ismail, 2025

*Pengembangan Pedagogi Spesifik Subyek Berbasis RADEC Berinfusi ESD Pada Tema Green Energy untuk Penguatan Kompetensi dan Literasi Keberlanjutan Siswa SMP*  
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- 4) **Selective Coding:** Penyusunan tema-tema besar berdasarkan keterkaitan antar kategori dan fokus penelitian.
- 5) **Verifikasi & Triangulasi:** Konfirmasi temuan dengan data observasi dan tanggapan kuisioner untuk menjamin validitas temuan.

Untuk mengukur keabsahan data, digunakan empat kriteria *trustworthiness* menurut Lincoln & Guba (1988) *credibility*, *transferability*, *dependability*, dan *confirmability*.

### 3.9.4.2 Kategorisasi Tematik

Hasil analisis data wawancara dikategorikan ke dalam tiga tema utama, yang masing-masing dibagi menjadi subtema sebagai berikut:

Tabel 3.41 Analisa Data Wawancara

<b>Tema Utama</b>	<b>Subtema</b>
1. Efektivitas PSSD berbasis RADEC berinfusi ESD	a. Pemahaman siswa meningkat secara konseptual b. Transfer nilai keberlanjutan
2. Respons Pembelajaran	a. Keterlibatan siswa aktif b. Tantangan guru dalam memfasilitasi proyek
3. Kendala dan Solusi	a. Keterbatasan waktu dan sumber daya b. Dukungan dari kolaborasi antar guru

Kategorisasi ini memberikan kerangka sistematis dalam menjelaskan bagaimana pengalaman pembelajaran berkontribusi terhadap penguatan kompetensi ESD dan pencapaian literasi keberlanjutan, baik secara afektif maupun kognitif.

### 3.9.5 Hasil Tanggapan Guru dan Siswa

Analisis terhadap tanggapan guru dan siswa merupakan bagian penting dalam mengevaluasi aspek kelayakan, keterterimaan (*acceptability*), dan persepsi pengguna terhadap implementasi pembelajaran PSSD berbasis RADEC berinfusi

Ismail, 2025

*Pengembangan Pedagogi Spesifik Subyek Berbasis RADEC Berinfusi ESD Pada Tema Green Energy untuk Penguatan Kompetensi dan Literasi Keberlanjutan Siswa SMP*  
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

ESD. Instrumen tanggapan yang digunakan berupa angket tertutup berskala Likert lima poin, yang mencakup aspek substansi, penyajian, keterbacaan, kontekstualitas, dan relevansi pembelajaran terhadap kehidupan nyata dan kompetensi abad 21.

Tabel 3. 42 kategori respon guru/siswa

<b>Rentang Persentase (%)</b>	<b>Kategori Respon</b>
86 – 100%	Sangat Baik
71 – 85%	Baik
56 – 70%	Cukup
41 – 55%	Kurang
≤ 40%	Sangat Kurang

$$\text{persentase respon (\%)} = \left( \frac{\text{skor aktual}}{\text{skor maksimum}} \right) \times 100\% \quad (3.5)$$

Angket ini diberikan setelah seluruh rangkaian implementasi pembelajaran selesai dilaksanakan. Guru dan siswa diminta menilai pernyataan-pernyataan dalam instrumen berdasarkan pengalaman aktual mereka selama mengikuti proses pembelajaran. Data dari instrumen ini dianalisis secara deskriptif kuantitatif, untuk mengetahui kecenderungan respons dan pola persepsi secara kolektif.

### 3.9.5.1 Teknik Analisis dan Kategorisasi Skor

Skor tanggapan setiap item dijumlahkan dan dihitung rata-rata (mean) dan persentase total skor maksimum. Interpretasi dilakukan menggunakan skala kategori sebagai berikut:

Tabel 3.43 Kategori Tanggapan Guru dan Siswa

<b>Rentang Persentase (%)</b>	<b>Kategori Respon</b>
86 – 100%	Sangat Baik
71 – 85%	Baik
56 – 70%	Cukup
41 – 55%	Kurang
≤ 40%	Sangat Kurang

Kategori ini diadaptasi dari Riduwan (2019), dan diperkuat oleh kriteria kelayakan instrumen dalam pengembangan perangkat pembelajaran (Nieveen, 1999)

Ismail, 2025

*Pengembangan Pedagogi Spesifik Subyek Berbasis RADEC Berinfusi ESD Pada Tema Green Energy untuk Penguatan Kompetensi dan Literasi Keberlanjutan Siswa SMP*

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

### 3.9.5.2 Kategori Aspek yang Dinilai

Angket tanggapan guru dan siswa mencakup beberapa aspek utama berikut:

Tabel 3.44 Kategori Aspek yang Dinilai dari Tanggapan Guru dan Siswa

<b>Aspek yang Dinilai</b>	<b>Indikator Utama</b>
Substansi	Kejelasan isi, akurasi konsep, dan muatan ESD yang relevan
Desain dan penyajian	Struktur LKPD dan modul, keterpaduan kegiatan RADEC
Keterbacaan dan daya tarik	Bahasa, layout, dan kemudahan dipahami siswa
Kontekstualitas pembelajaran	Relevansi dengan kehidupan nyata dan nilai-nilai keberlanjutan
Dampak pembelajaran	Stimulus berpikir kritis, kreatif, dan kesadaran keberlanjutan