

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Abad ke-21 ditandai oleh dinamika global yang semakin kompleks dan penuh ketidakpastian. Berbagai persoalan, seperti perubahan iklim, perkembangan teknologi, krisis pangan, dan ketidakstabilan ekonomi, saling berinteraksi membentuk sistem dunia yang sulit diprediksi. Emisi CO₂ sektor energi pada tahun 2023 mencapai 37,4 gigaton atau meningkat sekitar 1,1% dibandingkan tahun 2022 dan menjadi rekor tertinggi sepanjang sejarah (*International Energy Agency*, 2023). Peningkatan tersebut memperkuat risiko krisis iklim yang berdampak pada ketahanan pangan, kesehatan masyarakat, dan stabilitas sosial. Kondisi ini menunjukkan bahwa persoalan global bersifat multidimensional dan saling terkait sehingga perlu dipahami secara menyeluruh, bukan sekadar parsial. Oleh karena itu, keterampilan berpikir sistem menjadi salah satu kompetensi penting dalam menghadapi tantangan global abad ke-21.

Krisis energi dan kerusakan lingkungan merupakan wujud nyata kompleksitas persoalan global. Ketergantungan dunia terhadap bahan bakar fosil menjadi salah satu kontributor utama emisi gas rumah kaca dan pemanasan global (*World Meteorological Organization* [WMO], 2024). Ketergantungan tersebut juga menimbulkan kerentanan ekonomi akibat fluktuasi harga energi dan dinamika geopolitik. Untuk menekan emisi karbon, berbagai negara mendorong transisi menuju energi terbarukan yang memerlukan perubahan sistem energi, pengembangan teknologi, penyesuaian kebijakan, dan perubahan perilaku konsumsi masyarakat (Pambudi et al., 2023). Transisi ini juga berkaitan dengan keadilan dan akses karena setiap negara memiliki kapasitas pendanaan dan infrastruktur yang berbeda. Dengan demikian, isu energi dan lingkungan perlu dipahami secara sistemik dengan mempertimbangkan keterkaitan aktivitas manusia, teknologi, ekonomi, kebijakan, dan keberlanjutan bumi.

Indonesia memiliki posisi strategis dalam transisi energi global, tetapi masih menghadapi berbagai tantangan. Penggunaan energi nasional masih didominasi oleh bahan bakar fosil. Kontribusi energi baru dan terbarukan (EBT) terhadap

bauran energi nasional pada tahun 2022 berada pada kisaran 12% (Badan Pusat Statistik, 2023; Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2023). Pada tahun 2023, pangsa EBT meningkat menjadi sekitar 13,1%, tetapi masih jauh dari target nasional sebesar 23% (Institute for Essential Services Reform (IESR), 2024). Indonesia juga berkomitmen menurunkan emisi melalui kerja sama internasional, salah satunya *Just Energy Transition Partnership* (JETP) (Muslim & Hastuti, 2024). Namun, implementasi transisi energi masih terkendala regulasi, investasi, dan kesiapan infrastruktur. Selain itu, ketimpangan akses energi antarwilayah masih berdampak pada kehidupan sosial, ekonomi, dan pendidikan. Indonesia memiliki potensi energi surya, air, angin, bioenergi, dan panas bumi yang besar, tetapi pemanfaatannya belum optimal. Beberapa daerah terpencil masih mengalami keterbatasan listrik, sementara perubahan iklim meningkatkan risiko gangguan terhadap infrastruktur dan keandalan pasokan energi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem energi nasional berkaitan erat dengan sistem lingkungan, ekonomi, sosial, dan pendidikan sehingga perlu dianalisis sebagai satu kesatuan.

Pendidikan berperan penting dalam membangun literasi energi, kesadaran lingkungan, dan kemampuan generasi muda menghadapi persoalan kompleks. Namun, kemampuan peserta didik Indonesia dalam menerapkan keterampilan berpikir tingkat tinggi, termasuk menganalisis permasalahan kompleks, masih perlu ditingkatkan dan cenderung stagnan (Yusmar & Fadilah, 2023). Pembelajaran juga belum sepenuhnya mengembangkan keterampilan berpikir sistem yang dibutuhkan untuk memahami isu energi dan perubahan iklim (Upapong & Poonputta, 2025). Fisika relevan untuk mengkaji fenomena tersebut sekaligus melatih keterampilan berpikir sistem. Akan tetapi, pembelajaran fisika masih cenderung menekankan penggunaan rumus sehingga konsep dipahami secara abstrak dan terpisah dari kehidupan sehari-hari (Isti'anah et al., 2024). Akibatnya, peserta didik kesulitan menghubungkan konsep energi, usaha, daya, dan hukum fisika dengan persoalan energi dalam konteks nyata.

Salah satu materi fisika yang berkaitan erat dengan isu global adalah energi terbarukan. Materi ini tidak hanya membahas energi air, panas bumi, biomassa,

angin, dan surya, tetapi juga merepresentasikan sistem yang kompleks. Ketersediaan sumber, teknologi konversi, efisiensi dan keluaran energi, biaya dan investasi, kebijakan, infrastruktur, dampak lingkungan, kebutuhan masyarakat, serta perilaku konsumsi saling memengaruhi (Pambudi et al., 2024). Perubahan pada satu komponen dapat memengaruhi komponen lain dan menimbulkan ketidakpastian. Sebagai contoh, teknologi pembangkit memengaruhi keluaran energi, biaya, penggunaan lahan, emisi, dan keterjangkauan listrik, sedangkan perubahan cuaca memengaruhi pasokan energi. Karakteristik tersebut memungkinkan peserta didik mengeksplorasi berbagai sudut pandang, memahami hubungan bagian dan keseluruhan, menanggapi ketidakpastian, serta membangun model mental. Kemampuan tersebut selaras dengan indikator keterampilan berpikir sistem menurut Arnold & Wade (2017). Dengan demikian, materi energi terbarukan relevan untuk melatih peserta didik memandang persoalan energi secara holistik sebagai satu kesatuan sistem.

Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara kemampuan yang dibutuhkan untuk memahami isu energi dan pengalaman belajar peserta didik. Peserta didik belum memiliki pemahaman utuh mengenai urgensi transisi energi, dampak energi fosil, serta hubungan antara pilihan teknologi, lingkungan, dan kehidupan sehari-hari (Pambudi et al., 2024). Terbatasnya kesempatan untuk menganalisis hubungan sebab-akibat, mengeksplorasi berbagai sudut pandang, dan memprediksi konsekuensi jangka panjang menyebabkan peserta didik belum terbiasa memandang persoalan energi sebagai suatu sistem. Pembelajaran berbasis *Education for Sustainable Development* (ESD) dapat mendukung keterampilan berpikir sistem dengan membantu peserta didik mengenali hubungan antarkomponen dan mengambil keputusan dalam menghadapi isu global yang kompleks (Wardani et al., 2026). Oleh karena itu, pembelajaran fisika perlu mengintegrasikan pemahaman konsep dengan kemampuan menganalisis permasalahan energi secara menyeluruh dalam kehidupan nyata (Elsawah et al., 2022). Dengan demikian, diperlukan pembelajaran yang mampu membiasakan peserta didik memahami persoalan energi terbarukan secara sistemik dan komprehensif.

Untuk memperoleh gambaran kondisi pembelajaran secara langsung, studi pendahuluan dilakukan di salah satu SMA di Kota Bandung melalui wawancara dengan seorang guru dan lima peserta didik dari kelas berbeda, observasi pembelajaran, serta analisis modul ajar, Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), dan latihan soal. Wawancara digunakan untuk memperoleh informasi mengenai praktik pembelajaran, observasi untuk mengamati strategi mengajar, partisipasi, dan pola interaksi, sedangkan analisis dokumen untuk menilai keterfasilitasan indikator keterampilan berpikir sistem. Ketiga teknik tersebut digunakan untuk memperoleh gambaran kondisi pembelajaran secara lebih menyeluruh.

Hasil wawancara dengan guru menunjukkan bahwa materi fisika telah dikaitkan dengan kehidupan sehari-hari, seperti pada materi gerak, hukum Newton, gaya, dan pengukuran. Namun, pengaitan tersebut belum diarahkan secara khusus pada hubungan sebab-akibat yang kompleks, keterkaitan antarkomponen, umpan balik, dan dampak jangka panjang. Pembelajaran lebih berfokus pada konsep utama, sedangkan kegiatan untuk meninjau masalah dari berbagai sudut pandang belum muncul secara kuat. Meskipun guru telah menerapkan Problem Based Learning, pelaksanaannya belum secara eksplisit membangun pemahaman sistem yang menyeluruh. Hasil wawancara dengan peserta didik memperkuat temuan tersebut. Peserta didik cenderung memahami materi secara parsial dan masih mengandalkan arahan guru. Ketika menghadapi masalah kontekstual, jawaban mereka cenderung mengarah pada satu penyebab dan belum mempertimbangkan faktor teknologi, lingkungan, ekonomi, serta kebiasaan masyarakat secara bersamaan. Keterbatasan waktu pembelajaran juga mengurangi kesempatan untuk melakukan diskusi dan refleksi secara mendalam. Dengan demikian, hasil wawancara menunjukkan bahwa pembelajaran belum optimal membiasakan peserta didik memahami permasalahan sebagai suatu sistem.

Hasil observasi menunjukkan bahwa guru telah memberikan permasalahan sebagai stimulus, mengaitkan konsep dengan kehidupan sehari-hari, dan mengajukan pertanyaan untuk menggali pemahaman. Namun, penerapan keterampilan berpikir sistem belum bersifat holistik. Jawaban peserta didik masih berfokus pada satu variabel, sedangkan pertanyaan guru cenderung faktual atau

konvergen sehingga belum mendorong eksplorasi hubungan sebab–akibat yang kompleks. Pembelajaran juga belum memanfaatkan gambar, diagram, simulasi, atau alat peraga untuk memvisualisasikan hubungan antarkomponen. Selain itu, pembelajaran masih didominasi guru dan diskusi antarpeserta didik terbatas. Kondisi tersebut, disertai pemotongan jam belajar setelah waktu istirahat, membatasi kesempatan peserta didik untuk bertukar sudut pandang, menganalisis secara mandiri, dan membangun pemahaman sistemik.

Analisis perangkat ajar mengacu pada indikator keterampilan berpikir sistem menurut Arnold & Wade (2017), yaitu mengeksplorasi berbagai sudut pandang, memahami hubungan bagian dan keseluruhan, mengidentifikasi hubungan sebab–akibat yang kompleks, memahami dinamika dan struktur sistem, merespons ketidakpastian, serta membangun model mental dan abstraksi. Hasil analisis menunjukkan bahwa tujuan pembelajaran telah mencakup fakta, penyebab, mekanisme, dan solusi, tetapi masih cenderung linier serta berfokus pada konsep terpisah. LKPD telah memuat aktivitas mengamati, menyusun pertanyaan, merumuskan hipotesis, melakukan penyelidikan, dan menganalisis informasi sehingga memberikan ruang untuk memahami hubungan sebab–akibat dasar dan membangun model mental sederhana. Namun, eksplorasi berbagai perspektif, hubungan timbal balik, ketidakpastian, serta representasi sistem dalam bentuk diagram sebab–akibat atau peta variabel belum difasilitasi secara eksplisit. Sebagian latihan soal juga telah mendorong peserta didik mengenali hubungan antarkomponen secara parsial, tetapi masih bersifat linier dan deskriptif serta belum banyak memuat perspektif berbeda dan skenario alternatif. Dengan demikian, perangkat ajar telah memfasilitasi sebagian indikator, tetapi belum mengembangkan pemahaman sistem secara utuh.

Berdasarkan triangulasi wawancara, observasi, dan analisis perangkat ajar, pembelajaran fisika di sekolah tersebut belum optimal memfasilitasi keterampilan berpikir sistem. Pembelajaran dan perangkat ajar masih cenderung linier, sedangkan peserta didik belum memperoleh kesempatan memadai untuk menganalisis permasalahan secara menyeluruh. Karena studi pendahuluan di Kota Bandung berfokus pada proses dan perangkat pembelajaran, temuan tersebut

menunjukkan belum optimalnya fasilitasi keterampilan berpikir sistem, bukan tingkat kemampuan peserta didik. Oleh karena itu, diperlukan data pendukung yang dapat memperkuat permasalahan tersebut secara kuantitatif.

Temuan studi pendahuluan di Kota Bandung diperkuat oleh studi pendahuluan pada salah satu SMA di Kabupaten Garut yang melibatkan 34 peserta didik. Studi pendahuluan tersebut dilakukan melalui wawancara dengan guru dan peserta didik, observasi pembelajaran, serta tes keterampilan berpikir sistem yang terdiri atas 20 soal pilihan ganda yang diadaptasi dari disertasi Dindin Nasrudin (2024). Hasil tes pada setiap indikator disajikan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Hasil Studi Pendahuluan Keterampilan Berpikir Sistem pada Salah Satu SMA di Kabupaten Garut

No.	Indikator Keterampilan Berpikir Sistem	Rata -rata	Kategori
1	Mengeksplorasi berbagai sudut pandang	37,50	Rendah
2	Mempertimbangkan setiap aspek secara menyeluruh maupun parsial	36,03	Rendah
3	Menanggapi ketidakpastian dan ambiguitas secara efektif	38,24	Rendah
4	Mempertimbangkan berbagai isu secara tepat	31,62	Rendah
5	Menggunakan model mental dan abstraksi	32,35	Rendah
Rata-rata		35,15	Rendah

Berdasarkan Tabel 1.1, nilai rata-rata keterampilan berpikir sistem peserta didik sebesar 35,15. Mengacu pada kriteria interpretasi nilai yang diadaptasi dari Riduwan & Akdon (2013), nilai tersebut berada pada rentang 21–40 sehingga termasuk kategori rendah. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Nuraeni et al. (2020) yang menunjukkan bahwa kemampuan berpikir sistem peserta didik masih kurang dan berada pada level 1 dan level 2. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kemampuan peserta didik dalam mengidentifikasi komponen, menganalisis hubungan sebab–akibat, mempertimbangkan berbagai sudut pandang, serta memahami suatu permasalahan sebagai sistem yang saling terhubung masih perlu dikembangkan. Abdurrahman et al. (2023) juga menyatakan bahwa keterampilan berpikir sistem perlu difasilitasi melalui pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengenali komponen, pola, hubungan, dan

perilaku sistem. Studi pendahuluan di Kota Bandung memberikan gambaran mengenai proses dan perangkat pembelajaran di lokasi penelitian, sedangkan data dari Kabupaten Garut digunakan sebagai penguat kuantitatif dan tidak dimaksudkan untuk merepresentasikan secara langsung kemampuan peserta didik di Kota Bandung. Kedua temuan tersebut menunjukkan perlunya inovasi pembelajaran yang dapat membantu peserta didik menganalisis permasalahan energi terbarukan secara menyeluruh dan saling terhubung.

Salah satu solusi yang berpotensi meningkatkan keterampilan berpikir sistem adalah penerapan *Hybrid Problem-Based Learning–Flipped Classroom* (HPBL-FC). Model ini mengintegrasikan pembelajaran berbasis masalah, *flipped classroom*, dan pembelajaran *hybrid* melalui kegiatan *pre-class*, *in-class*, dan *post-class*. Kelebihan HPBL-FC terletak pada tersedianya waktu belajar yang lebih luas dan terstruktur, karena peserta didik dapat membangun pemahaman awal sebelum pembelajaran, menggunakan waktu tatap muka untuk melakukan penyelidikan dan pemecahan masalah, serta memperkuat pemahaman melalui evaluasi dan refleksi. Keterkaitan HPBL-FC dengan keterampilan berpikir sistem terlihat melalui kegiatan mengeksplorasi berbagai sudut pandang, mengidentifikasi komponen, menganalisis hubungan sebab–akibat, mempertimbangkan berbagai isu, serta membangun model mental terhadap suatu sistem. Model ini juga sesuai dengan karakteristik materi energi terbarukan yang melibatkan aspek lingkungan, teknologi, sosial, ekonomi, dan keberlanjutan yang saling memengaruhi. Penelitian Anggraeni et al. (2023) menunjukkan bahwa penerapan *Flipped-Problem Based Learning* dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah peserta didik. Hasil tersebut menunjukkan potensi integrasi PBL dan *flipped classroom* dalam memberikan ruang yang lebih luas bagi kegiatan penyelidikan dan pemecahan masalah.

Namun, penerapan HPBL-FC memiliki tantangan tersendiri. Keterbatasan HPBL-FC berkaitan dengan tuntutan kemandirian belajar, kesiapan peserta didik mengikuti kegiatan sebelum kelas, kemampuan mengelola waktu, serta ketersediaan perangkat dan akses internet. Peserta didik yang tidak melaksanakan tahap *pre-class* dengan baik dapat mengalami kesulitan ketika mengikuti

penyelidikan pada tahap *in-class*. Sebagian hambatan yang berkaitan dengan pengorganisasian materi dan keterhubungan kegiatan daring dengan tatap muka dapat diminimalkan melalui penggunaan media digital. Salah satu media yang dapat digunakan adalah Google Sites. Media ini dapat menyajikan materi, video, simulasi, petunjuk kegiatan, LKPD, sumber belajar, dan tugas dalam satu platform yang terstruktur serta mudah diakses (Febrian et al., 2024). *Google Sites* juga memungkinkan peserta didik mempelajari kembali materi sesuai kebutuhan sehingga dapat mendukung kemandirian dan keberlanjutan proses pembelajaran (Wulandari & Zuhroh, 2023; Linda et al., 2023). Dalam penelitian ini, *Google Sites* digunakan untuk menghubungkan kegiatan *pre-class*, *in-class*, dan *post-class* agar penerapan *HPBL-FC* berlangsung secara terarah dan berkesinambungan.

Penelitian ini membandingkan peningkatan keterampilan berpikir sistem peserta didik melalui penerapan *HPBL-FC* berbantuan *Google Sites* dengan model *Problem-Based Learning* (PBL). Pemilihan PBL sebagai model pembanding didasarkan pada hasil studi pendahuluan yang menunjukkan bahwa model tersebut telah diterapkan di lokasi penelitian. Kelebihan PBL terletak pada penggunaan masalah kontekstual yang mendorong peserta didik untuk aktif mencari informasi, berdiskusi, melakukan penyelidikan, dan menentukan alternatif penyelesaian masalah (Arviani et al., 2023). Keterkaitan PBL dengan keterampilan berpikir sistem terlihat melalui proses mengidentifikasi komponen, menganalisis hubungan antarbagian, mempertimbangkan berbagai pandangan, serta memperkirakan dampak dari solusi yang dipilih. Model ini juga sesuai dengan materi energi terbarukan karena permasalahannya bersifat kompleks dan melibatkan hubungan antara sumber daya, teknologi, kebutuhan masyarakat, biaya, dampak lingkungan, dan keberlanjutan.

Meskipun demikian, penerapan PBL secara tatap muka dalam konteks penelitian ini memiliki keterbatasan. Tahap orientasi masalah, penyelidikan, diskusi, presentasi, dan evaluasi membutuhkan waktu yang relatif panjang. Peserta didik juga memerlukan pengetahuan awal dan bimbingan yang memadai agar tidak hanya menemukan solusi, tetapi mampu memahami hubungan antarkomponen secara mendalam. Keterbatasan waktu pembelajaran dapat menyebabkan analisis masalah

lebih berfokus pada hasil akhir, sedangkan pola hubungan dan perilaku sistem belum dipelajari secara optimal. Keterbatasan tersebut menjadi dasar pengintegrasian PBL dengan *flipped classroom* dan pembelajaran *hybrid* dalam *HPBL-FC* agar peserta didik memiliki kesiapan awal serta waktu yang lebih luas untuk melakukan analisis.

Secara spesifik, penelitian ini merujuk pada penelitian Abdurrahman et al. (2023) yang menerapkan STEM-PBL terintegrasi *Engineering Design Process* untuk meningkatkan keterampilan berpikir sistem pada materi energi terbarukan. Persamaannya terletak pada penggunaan pembelajaran berbasis masalah, keterampilan berpikir sistem sebagai variabel yang dikembangkan, materi energi terbarukan, dan subjek penelitian pada jenjang SMA. Namun, perbedaannya terletak pada bentuk integrasi model dan media pembelajaran. Penelitian sebelumnya mengintegrasikan PBL dengan STEM dan *Engineering Design Process*, sedangkan penelitian ini mengintegrasikan PBL dengan *flipped classroom* dan pembelajaran *hybrid* melalui tahap *pre-class*, *in-class*, dan *post-class* berbantuan *Google Sites*. Berdasarkan penelitian terdahulu yang ditelaah, keterbaruan penelitian ini terletak pada penerapan *HPBL-FC* berbantuan *Google Sites* untuk meningkatkan keterampilan berpikir sistem pada materi energi terbarukan serta membandingkannya secara langsung dengan PBL yang telah diterapkan di sekolah.

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, peneliti memandang perlu melakukan penelitian yang berjudul **“Penerapan *Hybrid Problem-Based Learning–Flipped Classroom* Berbantuan *Google Sites* untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Sistem Peserta Didik pada Materi Energi Terbarukan.”**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana keterlaksanaan pembelajaran menggunakan model *Hybrid Problem Based Learning Flipped Classroom* berbantuan *Google Sites* dengan kelas yang menggunakan *Problem Based Learning* konvensional?

2. Bagaimana perbedaan peningkatan keterampilan berpikir sistem peserta didik antara kelas yang menggunakan *Hybrid Problem Based Learning Flipped Classroom* berbantuan *Google Sites* dengan kelas yang menggunakan model *Problem Based Learning* konvensional?
3. Bagaimana respons peserta didik terhadap pembelajaran keterampilan berpikir sistem melalui *Hybrid Problem Based Learning Flipped Classroom* berbantuan *Google Sites*?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Keterlaksanaan pembelajaran menggunakan model *Hybrid Problem Based Learning Flipped Classroom* berbantuan *Google Sites* dengan kelas yang menggunakan model *Problem Based Learning* konvensional.
2. Perbedaan peningkatan keterampilan berpikir sistem peserta didik antara kelas yang menggunakan *Hybrid Problem-Based Learning-Flipped Classroom* Berbantuan *Google Sites* dengan kelas yang menggunakan model *Problem Based Learning* konvensional.
3. Respons peserta didik terhadap pembelajaran keterampilan berpikir sistem melalui penerapan *Hybrid Problem Based Learning-Flipped Classroom* berbantuan *Google Sites*.

D. Batasan Masalah

Batasan masalah dibuat untuk memperjelas ruang lingkup penelitian agar penelitian lebih terarah dan tidak melebar dari tujuan yang telah ditetapkan. Penelitian ini dilaksanakan pada peserta didik kelas X3 dan X5 di SMA Muhammadiyah 4 Kota Bandung dan dibatasi pada keterampilan berpikir sistem dalam materi energi terbarukan.

Indikator keterampilan berpikir sistem yang digunakan mengacu pada Arnold dan Wade (2017), khususnya pada domain pola pikir. Indikator tersebut meliputi kemampuan mengeksplorasi berbagai sudut pandang, mempertimbangkan setiap aspek secara menyeluruh maupun parsial, menanggapi ketidakpastian dan

ambiguitas secara efektif, mempertimbangkan berbagai isu secara tepat, serta menggunakan model mental dan abstraksi.

Dengan demikian, penelitian ini tidak mengukur seluruh dimensi keterampilan berpikir sistem secara luas, tetapi difokuskan pada lima indikator dalam domain pola pikir tersebut. Pembatasan ini dilakukan agar instrumen, proses pembelajaran, dan analisis hasil penelitian memiliki arah yang jelas serta selaras dengan tujuan penelitian.

E. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi penerapan pembelajaran fisika, baik secara teoritis maupun praktis.

1. Manfaat Teoretis

Secara teoretis penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan pembelajaran fisika, khususnya terkait penerapan *HPBL-FC*. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pengembangan model pembelajaran inovatif berbasis teknologi.

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi Peneliti, penelitian ini memberikan pengalaman dalam menerapkan model *HPBL-FC* berbantuan *Google Sites* pada materi energi terbarukan.
- b. Bagi peserta didik, hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu meningkatkan keterampilan berpikir sistem serta pemahaman konsep energi terbarukan secara lebih baik.
- c. Bagi Guru, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi dalam menerapkan model pembelajaran yang lebih inovatif untuk meningkatkan keterlibatan dan pemahaman peserta didik.
- d. Bagi sekolah, hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam pengembangan pembelajaran berbasis teknologi untuk meningkatkan kualitas pembelajaran.

F. Definisi Operasional

1. Hybrid Problem Based Learning-Flipped Classroom (HPBL-FC) berbantuan Google sites

HPBL-FC berbantuan *Google Sites* dalam penelitian ini diartikan sebagai model pembelajaran yang memadukan kegiatan pembelajaran langsung dan pembelajaran daring (*hybrid*) dengan penggabungan pendekatan PBL dan FC. Pada tahap awal (*pre-class*), peserta didik melakukan kegiatan belajar mandiri dengan memanfaatkan sumber belajar yang tersedia melalui *Google Sites* sebelum mengikuti kegiatan pembelajaran di kelas. Selanjutnya pada tahap pembelajaran tatap muka (*in-class*), tahapan pembelajaran yang meliputi orientasi peserta didik terhadap permasalahan, pengaturan kegiatan belajar secara individu maupun kelompok, pelaksanaan penyelidikan untuk memperoleh informasi yang relevan, penyusunan serta penyajian hasil pemecahan masalah, dan diakhiri dengan kegiatan refleksi serta evaluasi terhadap proses penyelesaian masalah. Pada tahap akhir (*post-class*), peserta didik diberikan lembar refleksi dan asesmen melalui *Google Forms* untuk mengetahui pemahaman dan pengalaman belajar yang diperoleh. Keterlaksanaan pembelajaran diukur menggunakan satu lembar *self-reflection* yang diisi oleh peneliti dan dua lembar observasi yang diisi oleh dua observer berdasarkan analisis terhadap rekaman video pembelajaran yang sama.

2. Model Problem Based Learning (PBL)

Model PBL dalam penelitian ini didefinisikan sebagai model pembelajaran yang memanfaatkan permasalahan kontekstual sebagai titik awal dalam proses pembelajaran untuk mengembangkan keterampilan berpikir sistem peserta didik melalui kegiatan pembelajaran tatap muka. Model ini dilaksanakan melalui sintaks PBL yang meliputi orientasi peserta didik pada masalah, pengorganisasian peserta didik untuk belajar, penyelidikan individu maupun kelompok, pengembangan dan penyajian hasil karya atau solusi, serta analisis dan evaluasi proses pemecahan masalah. Keterlaksanaan pembelajaran PBL diukur menggunakan satu lembar self-

reflection yang diisi oleh peneliti dan dua lembar observasi yang diisi oleh dua observer berdasarkan analisis terhadap rekaman video pembelajaran yang sama.

3. Keterampilan Berpikir Sistem

Keterampilan berpikir sistem dalam konteks penelitian ini, istilah tersebut merujuk pada kemampuan peserta didik untuk memahami suatu permasalahan sebagai bagian dari suatu sistem yang saling berkaitan, meliputi hubungan antara komponen, pola interaksi, serta dampak yang ditimbulkan dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Keterampilan ini tercermin dalam kemampuan peserta didik untuk (1) mengeksplorasi berbagai sudut pandang (2) Mempertimbangkan setiap aspek secara menyeluruh maupun parsial (3) Menanggapi ketidakpastian dan ambiguitas secara efektif (4) Mempertimbangkan berbagai isu secara tepat (5) Menggunakan model mental dan abstraksi.

Keterampilan berpikir sistem peserta didik diukur menggunakan 5 butir soal uraian yang disusun sesuai dengan indikator keterampilan berpikir sistem, yaitu berbagai sudut pandang, berpikir menyeluruh dan parsial, ketidakpastian, berbagai isu, serta model mental. Beberapa butir soal terdiri atas beberapa subsoal yang digunakan untuk menggali kemampuan peserta didik secara lebih mendalam. Soal nomor 1 terdiri atas 3 subsoal (a, b, c), soal nomor 2 terdiri atas 2 subsoal (a, b), soal nomor 3 dan 4 masing-masing terdiri atas 1 pertanyaan, sedangkan soal nomor 5 terdiri atas 2 subsoal (a, b). Dengan demikian, instrumen tersebut terdiri atas 5 soal utama dengan total 9 bagian pertanyaan. Pengukuran dilakukan sebanyak dua kali, yaitu sebelum pembelajaran *pretest* dan setelah pembelajaran *posttest*. Pada kelas eksperimen diterapkan model *HPBL-FC* berbantuan *Google Sites*, sedangkan pada kelas kontrol diterapkan PBL.

4. Materi Energi Terbarukan

Materi Energi Terbarukan dalam penelitian ini didefinisikan sebagai konten pembelajaran fisika yang membahas sumber energi yang bersumber dari proses alam yang berkelanjutan, meliputi energi surya, panas bumi, angin, air, serta biomassa, serta prinsip kerja, karakteristik, manfaat, dan dampaknya pada lingkungan dan aktivitas kehidupan manusia. Materi ini diposisikan sebagai

konteks masalah dalam pembelajaran untuk mengembangkan keterampilan berpikir sistem peserta didik, khususnya dalam memahami keterkaitan antara aspek teknologi, lingkungan, ekonomi, dan sosial pada pemanfaatan energi. Secara operasional, materi energi terbarukan disajikan melalui modul ajar dan media pembelajaran yang memuat konsep dasar, contoh kasus kontekstual, serta permasalahan nyata yang mendorong peserta didik untuk menganalisis hubungan antarkomponen sistem energi dan memprediksi dampak penggunaannya secara menyeluruh.

G. Kerangka Berpikir

Kondisi pembelajaran fisika di salah satu SMA di Kota Bandung menunjukkan bahwa keterampilan berpikir sistem peserta didik belum sepenuhnya terfasilitasi secara optimal. Hal ini diketahui melalui hasil studi pendahuluan berupa wawancara dengan guru dan peserta didik, observasi pembelajaran, serta analisis perangkat ajar. Pembelajaran masih cenderung dikendalikan oleh guru, kegiatan diskusi antarpeserta didik terbatas, dan permasalahan lebih banyak dianalisis secara linier. Modul ajar, Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), dan latihan soal telah memuat hubungan sebab-akibat dasar, tetapi belum secara eksplisit mengarahkan peserta didik untuk mengeksplorasi berbagai sudut pandang, memahami hubungan antara bagian dan keseluruhan, mempertimbangkan ketidakpastian, menganalisis berbagai isu, serta menggunakan model atau diagram sistem. Temuan tersebut diperkuat oleh studi pendahuluan pada salah satu SMA di Kabupaten Garut terhadap 34 peserta didik yang menunjukkan nilai rata-rata keterampilan berpikir sistem sebesar 35,15 dan berada pada kategori rendah. Dengan demikian, keterampilan berpikir sistem peserta didik masih perlu difasilitasi melalui pembelajaran yang memberikan kesempatan untuk memahami suatu permasalahan secara lebih menyeluruh dan saling terhubung.

Penelitian ini dirancang sebagai penelitian eksperimen dengan membandingkan dua perlakuan pembelajaran yang berbeda, yaitu model *HPBL-FC* berbantuan *Google Sites* pada kelas eksperimen dan model PBL pada kelas kontrol. Pada kelas eksperimen, *HPBL-FC* mengintegrasikan pembelajaran berbasis masalah dengan pendekatan *Flipped Classroom* (FC) melalui tiga tahapan utama, yaitu *pre-class*,

in-class, dan *post-class*. Pada tahap *pre-class*, peserta didik mempelajari materi, video, permasalahan awal, dan sumber belajar melalui *Google Sites* untuk membangun pengetahuan awal. Tahap *in-class* dilaksanakan melalui lima sintaks PBL, yaitu: 1) orientasi peserta didik pada masalah; 2) mengorganisasikan peserta didik untuk belajar; 3) membimbing penyelidikan individu maupun kelompok; 4) mengembangkan dan menyajikan hasil; serta 5) menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah. Selanjutnya, pada tahap *post-class*, peserta didik melakukan evaluasi dan refleksi terhadap pembelajaran yang telah dilakukan.

Karakteristik *HPBL-FC* terletak pada pembelajaran yang berlangsung sebelum, selama, dan setelah kegiatan tatap muka melalui tahapan *pre-class*, *in-class*, dan *post-class*. Pola tersebut memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mempersiapkan pengetahuan awal sebelum pembelajaran, menggunakan waktu di kelas untuk penyelidikan dan diskusi, serta melakukan penguatan dan refleksi setelah pembelajaran. Kelebihan *HPBL-FC* adalah memberikan fleksibilitas belajar, meningkatkan kesiapan peserta didik, mengoptimalkan waktu tatap muka untuk pemecahan masalah, serta mendorong kemandirian, keaktifan, dan kolaborasi peserta didik. Kaitan *HPBL-FC* dengan keterampilan berpikir sistem terlihat dari kegiatan yang mengarahkan peserta didik untuk mengenali komponen permasalahan, mengeksplorasi berbagai sudut pandang, memahami hubungan antarkomponen, mempertimbangkan berbagai kemungkinan dan isu, serta mengevaluasi kembali pemahamannya terhadap suatu sistem. Dengan demikian, *HPBL-FC* memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menganalisis permasalahan energi terbarukan secara lebih sistem.

Sementara itu, pada kelas kontrol diterapkan PBL yang berfokus pada penyelesaian masalah kontekstual mengenai energi terbarukan. Model PBL dilaksanakan melalui lima tahapan, yaitu: 1) orientasi peserta didik pada masalah; 2) mengorganisasikan peserta didik untuk belajar; 3) membimbing penyelidikan individu maupun kelompok; 4) mengembangkan dan menyajikan hasil; serta 5) menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah. Karakteristik PBL adalah penggunaan masalah kontekstual sebagai titik awal pembelajaran dengan menempatkan peserta didik secara aktif dalam proses penyelidikan dan pencarian

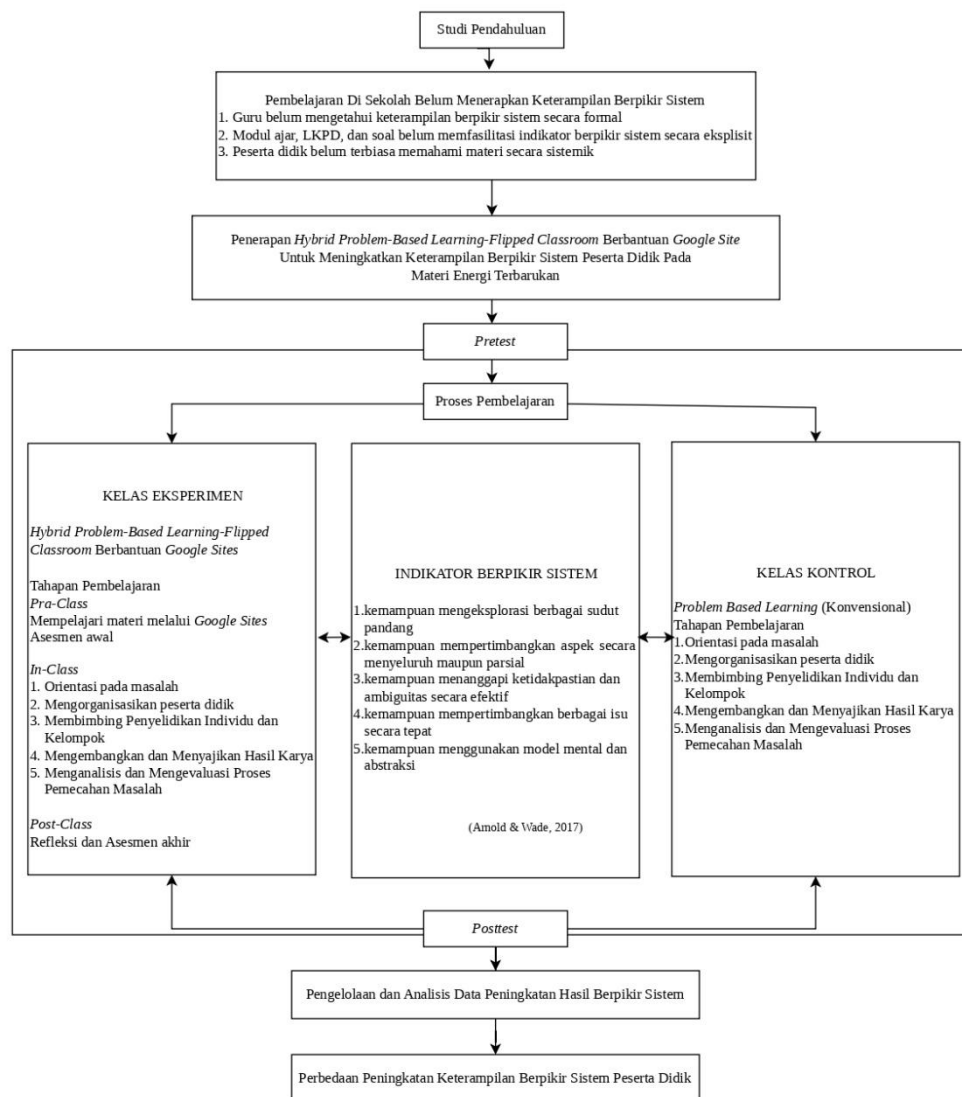
solusi. Peserta didik diarahkan untuk mengidentifikasi masalah, mencari informasi, berdiskusi, dan mengembangkan alternatif penyelesaian. Kelebihan PBL adalah mendorong peserta didik untuk aktif memecahkan masalah, melakukan penyelidikan secara mandiri maupun kelompok, menghubungkan konsep dengan permasalahan kehidupan nyata, serta mengembangkan kemampuan komunikasi dan kolaborasi. Kaitan PBL dengan keterampilan berpikir sistem terlihat melalui proses analisis masalah yang dapat melatih peserta didik memahami hubungan sebab-akibat, melihat permasalahan dari berbagai sudut pandang, mempertimbangkan berbagai aspek, dan mengevaluasi konsekuensi dari solusi yang dihasilkan.

Google Sites merupakan media pendukung dalam penerapan *HPBL-FC* pada kelas eksperimen. Platform ini memungkinkan berbagai sumber dan aktivitas pembelajaran, seperti materi, video, gambar, permasalahan, LKPD, tautan, dan evaluasi, disusun secara terstruktur dalam satu media yang dapat diakses melalui jaringan internet. Karakteristik *Google Sites* yang fleksibel, mudah diakses, dan mampu mengintegrasikan berbagai sumber belajar mendukung pelaksanaan pembelajaran sebelum, selama, dan setelah kegiatan tatap muka. Kelebihan *Google Sites* adalah memberikan kemudahan kepada peserta didik untuk mengakses materi secara berulang sesuai kebutuhan dan kecepatan belajarnya. Dengan demikian, penggunaan *Google Sites* mendukung pelaksanaan *HPBL-FC* agar lebih terstruktur, fleksibel, dan berkelanjutan.

Keterampilan berpikir sistem merupakan kemampuan memahami suatu permasalahan sebagai sebuah sistem yang terdiri atas berbagai komponen yang saling berhubungan dan saling memengaruhi. Keterampilan ini penting dalam mempelajari materi energi terbarukan karena permasalahan energi melibatkan keterkaitan antara aspek teknologi, lingkungan, ekonomi, sosial, kebijakan, dan kebutuhan masyarakat. Perubahan pada satu komponen dapat memberikan pengaruh terhadap komponen lainnya sehingga suatu permasalahan tidak cukup dipahami melalui hubungan sebab-akibat yang sederhana. Keterampilan berpikir sistem dalam penelitian ini mengacu pada domain pola pikir menurut Arnold dan Wade (2017), yaitu: 1) mengeksplorasi berbagai sudut pandang; 2)

mempertimbangkan setiap aspek secara menyeluruh maupun parsial; 3) menanggapi ketidakpastian dan ambiguitas secara efektif; 4) mempertimbangkan berbagai isu secara tepat; dan 5) menggunakan model mental dan abstraksi.

Berdasarkan uraian di atas, skema kerangka berpikir dalam penelitian ini dapat digambarkan seperti pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Kerangka Berpikir.

H. Hipotesis

Berdasarkan kerangka berpikir di atas, hipotesis dalam penelitian ini sebagai berikut.

Ho: Tidak terdapat perbedaan peningkatan keterampilan berpikir sistem yang signifikan antara peserta didik yang memperoleh pembelajaran dengan model *Hybrid Problem-Based Learning–Flipped Classroom* berbantuan *Google Sites* dan peserta didik yang memperoleh pembelajaran dengan model *Problem Based Learning* konvensional pada materi energi terbarukan.

Ha: Terdapat perbedaan peningkatan keterampilan berpikir sistem yang signifikan antara peserta didik yang memperoleh pembelajaran dengan model *Hybrid Problem-Based Learning–Flipped Classroom* berbantuan *Google Sites* dan peserta didik yang memperoleh pembelajaran dengan model *Problem Based Learning* konvensional pada materi energi terbarukan.

I. Hasil Penelitian Terdahulu

Dari beberapa hasil penelitian yang dilakukan sebelumnya, diperoleh data sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan oleh Rahayu et al. (2022) dengan judul Implementasi PBL Terintegrasi STEM dengan *Flipped Classroom* untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Sistem Siswa SMA pada Topik Usaha dan Energi. Hasilnya kelas eksperimen menunjukkan perolehan *N-gain* 0,65, lebih besar dibandingkan dengan kelas kontrol yang memperoleh nilai sebesar 0,55. Kedua nilai tersebut termasuk dalam kategori sedang. Uji *Independent Sample T-Test* memperoleh nilai *Sig. (2-tailed)* = 0,000, Dengan demikian, penerapan model PBL terintegrasi STEM dengan *Flipped Classroom* berpengaruh signifikan terhadap kemampuan berpikir sistem siswa. Temuan ini menunjukkan bahwa model tersebut dapat mendukung siswa dalam memahami keterkaitan antarkomponen, menganalisis pola, dan memprediksi perilaku sistem secara holistik.
2. Penelitian ini dilakukan oleh Green et al. (2021) dengan judul *An Empirical Study of the Impact of Systems Thinking and Simulation on Sustainability Education*. Menggunakan uji eksperimen terkontrol terhadap 106 responden

untuk mengetahui pengaruh systems thinking dan simulasi terhadap pembelajaran keberlanjutan. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa kelompok yang memanfaatkan sistem memperoleh hasil belajar lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol. Temuan ini menegaskan bahwa permasalahan keberlanjutan, termasuk sumber daya terbarukan, efektif diajarkan melalui pendekatan berpikir sistem karena melibatkan keterkaitan aspek lingkungan, daya dukung, dinamika pertumbuhan, serta dampak kebijakan jangka panjang. Pendekatan tersebut membantu peserta didik memahami permasalahan secara lebih holistik dan dinamis.

3. Penelitian ini dilakukan oleh Khairati et al. (2025) dengan judul *Empirical Evidence of Students' Systems Thinking Skills in ESD-Oriented: A Rasch Analysis Approach*. Menunjukkan bahwa keterampilan berpikir sistem peserta didik pada konteks *Education for Sustainable Development* (ESD) masih berada pada kategori rendah, terutama dalam mengidentifikasi komponen sistem, keterkaitan antar faktor, serta hubungan masa lalu, sekarang, dan masa depan. Temuan ini menunjukkan bahwa diperlukan model pembelajaran yang dirancang secara khusus sebagai upaya untuk memperkuat keterampilan berpikir sistem peserta didik secara sistematis dan berkelanjutan.
4. Penelitian ini dilakukan oleh Upapong & Poonputta (2025) dengan judul *Developing a Systems Thinking Skills Assessment for Upper Primary Students in Thailand* menunjukkan bahwa instrumen penilaian keterampilan berpikir sistem yang dikembangkan memiliki validitas dan reliabilitas tinggi dengan nilai KR-20 sebesar 0,82. Instrumen tersebut mampu mengukur keterampilan berpikir sistem pada empat level, yaitu *event*, *pattern*, *structure*, dan *mental model*. Temuan ini menunjukkan bahwa keterampilan berpikir sistem dapat diukur secara sistematis dan masih perlu ditingkatkan melalui intervensi pembelajaran yang tepat.
5. Penelitian ini dilakukan oleh Elsawah et al. (2022) dengan judul *Teaching Systems Thinking in Higher Education* menunjukkan bahwa kemampuan mahasiswa dalam berpikir sistem dapat ditingkatkan melalui pembelajaran yang mengintegrasikan bahasa sistem, metode sistem, dan praktik berpikir sistem

secara terstruktur. Temuan ini menunjukkan bahwa berpikir sistem tidak tumbuh secara alami, tetapi perlu dilatihkan melalui desain pembelajaran yang terencana dan berbasis metode khusus.

6. Penelitian ini dilakukan oleh Ekselsa et al. (2023) dengan judul *Developing System Thinking Skills through Project-Based Learning Loaded with Education for Sustainable Development* menunjukkan bahwa Penerapan *Project-Based Learning berbasis Education for Sustainable Development* (ESD) mampu mendorong peningkatan keterampilan berpikir sistem peserta didik dalam kategori sedang dengan nilai *N-Gain* sebesar 0,64. Pembelajaran ini melatih peserta didik melihat masalah lingkungan sebagai suatu sistem yang melibatkan aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi secara terpadu. Temuan ini mengindikasikan bahwa model pembelajaran berbasis proyek efektif dalam mengembangkan keterampilan berpikir sistem dalam konteks keberlanjutan.
7. Penelitian ini dilakukan oleh Shafiyah Yaasmin et al. (2024) dengan judul *The Analysis Problem Based Learning Use Google Sites Application for Increasing Ability of Numeracy on Gen Z Collage Students* menunjukkan bahwa penerapan *Problem-Based Learning* (PBL) berbantuan *Google Sites* mampu mendorong peningkatan kemampuan numerasi mahasiswa Gen Z. Hal tersebut ditunjukkan melalui meningkatnya motivasi belajar, keaktifan diskusi, dan kemampuan menyelesaikan masalah numerik secara lebih terstruktur. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi PBL dan *Google Sites* efektif untuk melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi dalam pembelajaran berbasis teknologi digital.
8. Penelitian ini dilakukan oleh Tampubolon et al. (2025) dengan judul *Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning Berbasis Flipped Classroom terhadap Hasil Belajar dan Daya Ingat Siswa Materi Virus Kelas X* hasil tersebut menunjukkan bahwa model *Problem Based Learning* (PBL) berbasis *Flipped Classroom* berpengaruh signifikan terhadap peningkatan hasil belajar siswa dengan nilai *Sig. (2-tailed)* = 0,003 < 0,05. Model tersebut juga berpengaruh signifikan terhadap kemampuan daya ingat siswa dengan nilai *Sig.* = 0,000 <

- 0,05. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa perpaduan PBL dengan *Flipped Classroom* dapat mendukung peningkatan hasil belajar serta retensi siswa.
9. Penelitian ini dilakukan oleh Sevtia et al. (2022) dengan judul Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Berbasis *Google Sites* untuk Meningkatkan Kemampuan Penguasaan Konsep dan Berpikir Kritis Peserta Didik SMA menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis *Google Sites* dinyatakan valid dengan persentase 94,4%, efektif dengan nilai *N-Gain* penguasaan konsep sebesar 0,61 dan berpikir kritis sebesar 0,66, serta sangat efisien dengan persentase 85,9%. Temuan ini menunjukkan bahwa Pemanfaatan *Google Sites* sebagai media pembelajaran digital terbukti mampu mendukung peningkatan penguasaan konsep serta keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik..
10. Penelitian ini dilakukan oleh Ramasundrum & Sathasivam (2022) dengan judul *Effect of Google Sites on Science Achievement Among Year Five Students* menunjukkan bahwa penggunaan *Google Sites* secara signifikan meningkatkan hasil belajar sains peserta didik dibandingkan dengan pembelajaran konvensional. Hal tersebut ditunjukkan melalui perbedaan yang signifikan secara statistik dengan nilai $F(1,65) = 31,37$; $p < 0,001$. Temuan ini menunjukkan bahwa *Google Sites* efektif sebagai media pembelajaran digital untuk mendorong keterlibatan serta pencapaian belajar sains peserta didik.

Tabel 1.2 Persamaan dan Perbedaan Penelitian Terdahulu

No	Nama & Tahun	Judul Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1	Rahayu et al. (2022)	Implementasi PBL Terintegrasi STEM dengan <i>Flipped Classroom</i> untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Sistem Siswa SMA pada Topik	Sama-sama meneliti keterampilan berpikir sistem pada siswa SMA serta menggunakan model pembelajaran PBL untuk meningkatkan kemampuan berpikir sistem	Penelitian ini mengintegrasikan PBL dengan pendekatan STEM dan <i>Flipped Classroom</i> , sedangkan penelitian Anda menggunakan Hybrid PBL– <i>Flipped Classroom</i> berbantuan <i>Google Sites</i> pada materi

No	Nama & Tahun	Judul Penelitian	Persamaan	Perbedaan
		Usaha dan Energi		energi terbarukan, bukan pada topik usaha dan energi
2	Green et al. (2021)	<i>An Empirical Study of the Impact of Systems Thinking and Simulation on Sustainability Education</i>	Sama-sama meneliti berpikir sistem dan isu keberlanjutan.	Tidak menggunakan <i>PBL, Flipped Classroom</i> , maupun <i>Google Sites</i> ; menggunakan simulasi sistem.
3	Khairati et al. (2025)	<i>Empirical Evidence of Students' Systems Thinking Skills in ESD-Oriented: A Rasch Analysis Approach</i>	Sama-sama mengkaji keterampilan berpikir sistem dalam konteks ESD.	Tidak menerapkan model pembelajaran tertentu; hanya mengukur kemampuan dengan <i>Rasch</i> model.
4	Upapong & Poonputta (2025)	<i>Developing a Systems Thinking Skills Assessment for Upper Primary Students in Thailand</i>	Sama-sama membahas pengukuran keterampilan berpikir sistem.	Fokus pada pengembangan instrumen, bukan pada penerapan model pembelajaran.
5	Elsawah et al. (2022)	<i>Teaching Systems Thinking in Higher Education</i>	Sama-sama menekankan pentingnya pembelajaran berpikir sistem.	Subjek mahasiswa pendidikan tinggi, bukan siswa SMA dan tidak berbasis <i>PBL-Flipped-Google Sites</i> .
6	Ekselsa et al. (2023)	<i>Developing System Thinking Skills through PjBL Loaded with ESD</i>	Sama-sama bertujuan meningkatkan berpikir sistem dan berbasis keberlanjutan.	Menggunakan <i>Project-Based Learning</i> , bukan <i>Hybrid PBL-Flipped Classroom</i> .

No	Nama & Tahun	Judul Penelitian	Persamaan	Perbedaan
7	Shafiyyah Yaasmin et al. (2024)	<i>The Analysis PBL Use Google Sites for Increasing Numeracy on Gen Z College Students</i>	Sama-sama menggunakan PBL dan <i>Google Sites</i> .	Fokus pada numerasi mahasiswa, bukan berpikir sistem siswa SMA.
8	Tampubolon et al. (2025)	Pengaruh Model Pembelajaran <i>Problem Based Learning Berbasis Flipped Classroom</i> terhadap Hasil Belajar dan Daya Ingat Siswa Materi Virus Kelas X	Sama-sama menggunakan model <i>Problem Based Learning</i> berbasis <i>Flipped Classroom</i> .	Fokus pada hasil belajar dan daya ingat siswa materi virus, bukan keterampilan berpikir sistem pada materi energi terbarukan. Penelitian ini juga tidak menggunakan <i>Google Sites</i> .
9	Sevtia et al. (2022)	Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Berbasis <i>Google Sites</i>	Sama-sama menggunakan <i>Google Sites</i> sebagai media pembelajaran fisika.	Tidak menerapkan PBL, <i>Flipped Classroom</i> , dan tidak mengukur berpikir sistem.
10	Ramasundrum & Sathasivam (2022)	<i>Effect of Google Sites on Science Achievement Among Year Five Students</i>	Sama-sama menggunakan <i>Google Sites</i> sebagai media pembelajaran sains.	Fokus pada hasil belajar umum, bukan berpikir sistem dan bukan pembelajaran <i>hybrid PBL–Flipped</i> .

Penelitian terdahulu telah banyak membuktikan bahwa pendekatan pembelajaran seperti *HPBL-FC*, serta pemanfaatan media digital berbasis web seperti *Google Sites* efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi, keterlibatan belajar, dan kemandirian belajar peserta didik. Selain itu, materi energi terbarukan juga telah digunakan sebagai konteks pembelajaran untuk melatih keterampilan berpikir sistem. Namun demikian, hingga saat ini belum

ditemukan penelitian yang secara terpadu mengintegrasikan *HPBL-FC* berbantuan *Google Sites* secara khusus pada materi energi terbarukan dengan fokus utama pada peningkatan keterampilan berpikir sistem peserta didik di tingkat SMA. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk mengisi celah tersebut serta memberikan bukti empiris mengenai efektivitas integrasi PBL, *FC*, dan *Google Sites* dalam mengembangkan keterampilan berpikir sistem peserta didik secara utuh dan kontekstual.

