

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

Model kognitif yang terstruktur secara jelas telah menggambarkan mekanisme berlangsungnya proses berpikir kreatif. Berbagai temuan penelitian empiris juga menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kreatif dapat ditingkatkan melalui proses pembelajaran yang terencana (Brandt dkk, 2024). Keterampilan-keterampilan yang saling berhubungan dan menjadi bagian integral dari berpikir kreatif dapat diasah melalui latihan yang sistematis serta dukungan dari lingkungan belajar yang kondusif. Selain itu, pendidik dapat diberikan pelatihan khusus untuk memfasilitasi pembelajaran, melakukan evaluasi, serta mengoptimalkan hasil penilaian guna mendukung pengembangan keterampilan berpikir kreatif peserta didik (Lestari & Ilhami, 2022).

Pada tahun 2022, PISA merilis data terbaru hasil keterampilan berpikir kreatif peserta didik berusia 15 tahun. Hanya 5% peserta didik di Indonesia dalam berpikir kreatif masuk kategori mahir (OECD (2024)). Hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar berpikir kreatif peserta didik pada kategori sedang dan rendah. Berbeda dengan Singapura lebih dari 50% peserta didik mahir dalam keterampilan berpikir kreatif.

Rendahnya capaian berpikir kreatif peserta didik di Indonesia menunjukkan perlunya pembelajaran yang selaras antara penguasaan materi dan berpikir tingkat secara intensif. Implementasi strategi pembelajaran yang kolaboratif, menjadi alternatif efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif. Pendekatan ini memberikan ruang bagi peserta didik untuk terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran melalui pemecahan masalah, eksplorasi ide-ide baru, serta pembuatan produk yang kreatif (Chen dkk, 2022). Dengan demikian, penggunaan model pembelajaran yang mendorong kreativitas menjadi solusi dalam meningkatkan kualitas pendidikan sekaligus mengurangi kesenjangan keterampilan berpikir kreatif di antara peserta didik.

Kemajuan teknologi dan informasi yang menandai arah baru pendidikan, dengan menekankan penguasaan keterampilan abad ke-21 baik bagi guru maupun peserta didik. Tanpa disadari, perkembangan teknologi digital yang pesat telah mendorong transformasi di bidang pendidikan (Reddy dkk, 2023). Transformasi menuju era digitalisasi ini semakin mempermudah proses pembelajaran menjadi lebih efektif dan interaktif (Park dkk, 2021; Zuhri dkk, 2020). Dengan demikian, guru dituntut untuk mengembangkan kerangka pembelajaran yang inovatif dan terintegrasi teknologi di lingkungan digital.

Literasi digital menjadi salah satu kompetensi kunci untuk mendukung peningkatan kualitas pendidikan (UNESCO, 2023). Perubahan menuju lingkungan pembelajaran digital berdampak secara signifikan terhadap peserta didik (Smith dan Storrs, 2023). Integrasi digital dalam pembelajaran berkontribusi pada perkembangan literasi digital peserta didik, sehingga peserta didik mampu menggunakan piranti lunak (*software*) dan memahami piranti keras (*hardware*) serta menganalisis data secara digital (Nurchahyo, 2020; Purnamasari dkk, 2021; Yildirim & Öztürk, 2023). Namun, tingkat literasi digital yang rendah di kalangan masyarakat Indonesia terutama pada generasi Z menjadi tantangan utama dalam menghadapi era digitalisasi global. Meskipun survei APJII tahun 2024 mencatat tingkat pengguna internet di Indonesia mencapai 79,5%, mayoritas pengguna internet adalah generasi Z mencapai 34,40% (Apjii, 2024), pemanfaatan layanan digital untuk keperluan pendidikan dan informasi, termasuk perpustakaan digital, tetap berada pada tingkat yang rendah.

Limilia (2022), literasi digital pada generasi Z masih tergolong rendah, terutama dalam aspek keterampilan mengakses informasi, pengetahuan partisipatif, serta kemampuan berkolaborasi melalui teknologi. Kesenjangan dalam keterampilan literasi digital pada generasi muda dapat dianalisis berdasarkan beberapa kriteria, seperti faktor demografi, minat pada bidang sains, keakraban dengan komputer, dan lamanya akses internet. Kurangnya literasi digital dapat membuat peserta didik rentan terhadap manipulasi informasi berbasis teknologi, penyebaran misinformasi, dan konten ujaran kebencian. Oleh karena itu, penting untuk memetakan tingkat literasi digital pada Generasi Z, untuk

melindungi dari konten negatif sehingga peserta didik dapat menggunakan internet dengan bijak. Efektivitas literasi digital dan keterampilan komputerisasi di kalangan peserta didik di Indonesia telah mendukung perkembangan kegiatan akademik yang semakin maju (Afrina dkk, 2024).

Hasil survei menunjukkan bahwa 70% guru IPA di MTsN se-Kabupaten Cianjur mengalami kesulitan dalam menjelaskan konsep hujan asam secara konkret. Hambatan utama yang diidentifikasi adalah keterbatasan alat peraga yang dapat menggambarkan proses terbentuknya hujan asam dan dampaknya terhadap lingkungan secara visual dan praktis. Selain itu, mayoritas siswa masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep perubahan pH akibat polusi udara, yang berimplikasi pada rendahnya pemahaman konseptual mereka mengenai topik pencemaran udara. Berdasarkan temuan ini, guru dan siswa memerlukan alat peraga hujan asam yang interaktif, mudah dioperasikan, dan relevan dengan kebutuhan pembelajaran IPA. Penggunaan teknologi dalam pembelajaran IPA belum maksimal. Selama proses pembelajaran, guru jarang melibatkan peserta didik dalam melakukan percobaan atau menggunakan media dan alat peraga lainnya meskipun tersedia di sekolah. Hal ini mengakibatkan kurangnya keterampilan peserta didik, aktivitas yang monoton dan kurang bervariasi, sehingga menghambat inovasi peserta didik (Afandi dkk, 2024).

Pembelajaran berbasis proyek (PjBL) sebagai pendekatan adaptif yang menekankan pembelajaran secara kontekstual dengan melibatkan aktivitas-aktivitas yang kompleks. Kegiatan kompleks ini didasarkan pada pertanyaan dan masalah yang perlu dipecahkan, dan mengharuskan peserta didik menemukan ide-ide kreatif untuk merancang, membuat, dan menghasilkan produk (Chintya dkk, 2023). Namun, kurangnya sumber daya untuk memahami konsep dan rendahnya literasi digital adalah hambatan umum bagi guru saat menerapkan PjBL (Pratami dkk, 2024). Dalam proses pembelajaran, kemampuan literasi digital saat ini sangat diperlukan. PjBL dengan dukungan teknologi tidak hanya meningkatkan partisipasi peserta didik dan penguasaan konsep ilmiah, tetapi mendorong keterampilan berpikir kreatif (Setiarini & Wulan, 2021).

Inovasi pembelajaran yang memadukan mikrokontroler seperti Arduino melalui PjBL pada materi pencemaran udara memiliki potensi untuk memahami fenomena hujan asam. Penggunaan mikrokontroler ini sebagai alat pendukung memungkinkan peserta didik melakukan simulasi hujan asam secara praktis di laboratorium (Martín-García dkk, 2024). Dengan dukungan teknologi Arduino, peserta didik dapat memantau perubahan pH air dan mensimulasikan kondisi pencemaran yang menjadi pemicu terjadinya hujan asam secara langsung (Llopiz-Guerra dkk, 2024). PjBL dapat meningkatkan keterampilan teknis peserta didik berkolaborasi aktif mulai dari pengumpulan data, analisis, hingga interpretasi hasil.

Meskipun pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran IPA terus berkembang, penelitian yang secara langsung mengaitkan PjBL simulasi hujan asam menggunakan Arduino untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif dan literasi digital masih terbatas. Terdapat kesenjangan dalam penelitian secara spesifik mengaitkan penggunaan Arduino dalam PjBL untuk meningkatkan berpikir kreatif dan literasi digital pada materi pencemaran udara. Keterkaitan ini diharapkan dapat mendorong peningkatan kualitas dalam pembelajaran IPA, khususnya pembelajaran secara kontekstual, relevan, dan sesuai dengan tantangan abad ke-21 (Wakhidah dkk, 2021).

Salah satu isu krusial terkait pencemaran udara adalah hujan asam. Tingkat keasaman dari hujan asam dapat diukur dari nilai pH dibawah 5,6 (Chen dkk, 2020). Hujan asam dalam pembelajaran IPA memberikan konteks nyata yang dapat meningkatkan kesadaran peserta didik akan dampak pencemaran udara. Berdasarkan survei lapangan yang dilakukan pada beberapa guru IPA MTs di Kabupaten Cianjur, ditemukan bahwa lebih dari 70% guru merasa kesulitan untuk menjelaskan konsep hujan asam secara konkret karena keterbatasan alat peraga. Mayoritas peserta didik juga mengaku kesulitan memahami konsep perubahan pH akibat polusi udara. Guru dan peserta didik mengharapkan adanya alat pembelajaran, sehingga konsep abstrak seperti hujan asam dapat dijelaskan secara nyata. Pengembangan alat simulasi hujan asam berbasis Arduino merupakan

solusi yang dapat menjawab kebutuhan pendidikan di lapangan, sekaligus meningkatkan kualitas pembelajaran IPA.

Mengingat urgensi peningkatan kualitas pembelajaran IPA di tengah pesatnya perkembangan teknologi, penelitian ini menawarkan desain pembelajaran PjBL berbasis Arduino yang berfokus pada simulasi hujan asam. Melalui model ini, peserta didik diharapkan memahami konsep pencemaran udara juga terampil menggunakan teknologi untuk memecahkan masalah lingkungan secara kreatif. Perkembangan terbaru menunjukkan bahwa polusi udara dan hujan asam tetap menjadi masalah serius di berbagai kawasan dunia (Fatima, 2021). Penerapan PjBL sejalan dengan kurikulum merdeka yang mendorong pengembangan keterampilan dan potensi peserta didik (Setiawati dan Wulan, 2021). Melalui pembelajaran IPA, peserta didik dapat meningkatkan kesadaran akan dampak hujan asam dalam kehidupan nyata, berupa alat digital yang diperlukan untuk menganalisis dan memahami permasalahan lingkungan (Albar dan Southcott, 2021).

Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan, penulis memiliki ketertarikan untuk meneliti dengan bertujuan untuk mengisi kesenjangan dalam literatur dengan judul: **“Pembelajaran Berbasis Proyek Simulasi Hujan Asam Menggunakan Arduino Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kreatif Dan Literasi Digital Peserta Didik Pada Materi Pencemaran Udara”**.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan dalam latar belakang, dapat dirumuskan beberapa permasalahan utama yang menjadi fokus kajian penelitian ini, sehingga diperlukan analisis lebih mendalam untuk memberikan solusi yang tepat dan relevan. Adapun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana keterlaksanaan pembelajaran berbasis proyek simulasi hujan asam menggunakan Arduino pada materi pencemaran udara?
2. Bagaimana peningkatan keterampilan berpikir kreatif peserta didik setelah pembelajaran berbasis Proyek simulasi hujan asam menggunakan Arduino pada materi pencemaran udara?

3. Bagaimana literasi digital peserta didik setelah pembelajaran berbasis proyek simulasi hujan asam menggunakan Arduino pada materi pencemaran udara?
4. Bagaimana hubungan antara keterampilan berpikir kreatif dan literasi digital peserta didik setelah mengikuti pembelajaran berbasis Proyek simulasi hujan asam menggunakan Arduino pada materi pencemaran udara?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dapat menghadirkan kontribusi dalam pengembangan teori sekaligus penerapannya di lapangan yang bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan. Melalui pendekatan yang sistematis dan terarah, penelitian ini dapat dijadikan dasar dalam pengambilan keputusan. Berdasarkan perumusan masalah, tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan keterlaksanaan pembelajaran berbasis proyek simulasi hujan asam menggunakan Arduino pada materi pencemaran udara?
2. Mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kreatif peserta didik setelah pembelajaran berbasis proyek simulasi hujan asam menggunakan Arduino pada materi pencemaran udara.
3. Mengetahui literasi digital peserta didik setelah pembelajaran berbasis proyek simulasi hujan asam menggunakan Arduino pada materi pencemaran udara.
4. Mengetahui hubungan antara keterampilan berpikir kreatif dan literasi digital peserta didik setelah mengikuti pembelajaran berbasis Proyek simulasi hujan asam menggunakan Arduino pada materi pencemaran udara.

D. Manfaat Hasil Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini akan memberikan wawasan mengenai penerapan PjBL Simulasi Hujan Asam menggunakan Arduino yang berpotensi meningkatkan keterampilan berpikir kreatif dan literasi digital peserta didik. Hal ini terilustrasikan melalui proyek pembuatan Simulasi Hujan Asam menggunakan Arduino untuk meningkatkan berpikir kreatif dan perkembangan literasi digital peserta didik di kelas VII SMP/MTs.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Peserta Didik

Mengoptimalkan pemahaman kognitif siswa selama mengikuti pembelajaran IPA

b. Bagi Guru

- 1) Menyediakan variasi baru dalam proses belajar melalui PjBL bagi guru
- 2) Menyediakan solusi terhadap hambatan yang mungkin muncul dalam pembelajaran IPA, terutama dalam konteks keterampilan dan inovasi pembelajaran.
- 3) Memberikan panduan mengenai penerapan PjBL menjadi alternatif yang efektif untuk meningkatkan pemahaman peserta didik.

c. Bagi Peneliti

- 1) Mengembangkan pengalaman mengajar melalui PjBL untuk memperdalam pemahaman mengenai jalannya proses pembelajaran
- 2) Menyediakan referensi bagi peneliti lain dalam menciptakan lingkungan belajar yang menarik, serta variasi pembelajaran yang beragam dan bermanfaat.

E. Kerangka Pemikiran

Hasil studi pendahuluan yang dilakukan di MTsN 2 Cianjur ditemukan bahwa masalah utama yang dihadapi adalah rendahnya literasi digital dan kreativitas peserta didik dalam proses pembelajaran IPA. Metode pengajaran secara teori cenderung kurang memberikan ruang bagi peserta didik untuk berpikir kreatif dan mengembangkan literasi digital. Hal ini menyebabkan rendahnya kesadaran dan pemahaman peserta didik terhadap isu-isu lingkungan, khususnya pencemaran udara. Pembelajaran IPA dengan materi pencemaran udara dapat meningkatkan pengetahuan pentingnya menjaga dan memelihara lingkungan di sekolah.

Literasi digital dan kreativitas merupakan keterampilan utama yang harus dikuasai oleh peserta didik. Namun, dalam konteks pembelajaran di Indonesia, seringkali ditemukan bahwa pendekatan pembelajaran yang digunakan belum maksimal dalam mengembangkan kedua aspek tersebut. Materi pencemaran udara dengan isu hujan asam belum disampaikan secara holistik, sebagai topik penting dalam pembelajaran IPA, menuntut strategi pembelajaran yang menarik agar dapat membangkitkan kesadaran dan kepedulian peserta didik terhadap lingkungan. Sangat diperlukan satu model pembelajaran yang dapat memadukan berpikir kreatif dan literasi digital peserta didik dalam menyelesaikan masalah nyata.

PjBL menjadi solusi pada tantangan peserta didik untuk merancang dan melaksanakan proyek simulasi hujan asam menggunakan Arduino yang memerlukan penerapan pengetahuan dan keterampilan. Peserta didik mempelajari cara kerja sensor dan mikrokontroler (teknologi), serta menerapkan prinsip rekayasa dalam merancang sistem otomatisasi (engineering). Proses ini akan memperdalam pemahaman materi pelajaran, mengembangkan literasi digital dan kemampuan teknis peserta didik.

Berdasarkan langkah-langkah pembelajaran yang telah dijabarkan, pendekatan ini mampu membentuk lingkungan belajar yang bernilai dan lebih aktif bagi peserta didik. Keterlibatan langsung dalam proses pembelajaran, khususnya pada mata pelajaran IPA yang menekankan aspek pengamatan dan eksperimen, menjadi faktor kunci dalam membangun pemahaman konseptual yang mendalam. Aktivitas yang mendorong peserta didik untuk melakukan eksplorasi, berpartisipasi dalam diskusi kelompok, serta memecahkan permasalahan nyata di sekitar mereka, menjadikan mereka sebagai subjek aktif yang mengonstruksi sendiri pengetahuannya. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip pembelajaran berbasis konstruktivisme yang mengedepankan pengalaman belajar langsung, kontekstual, dan bermakna.

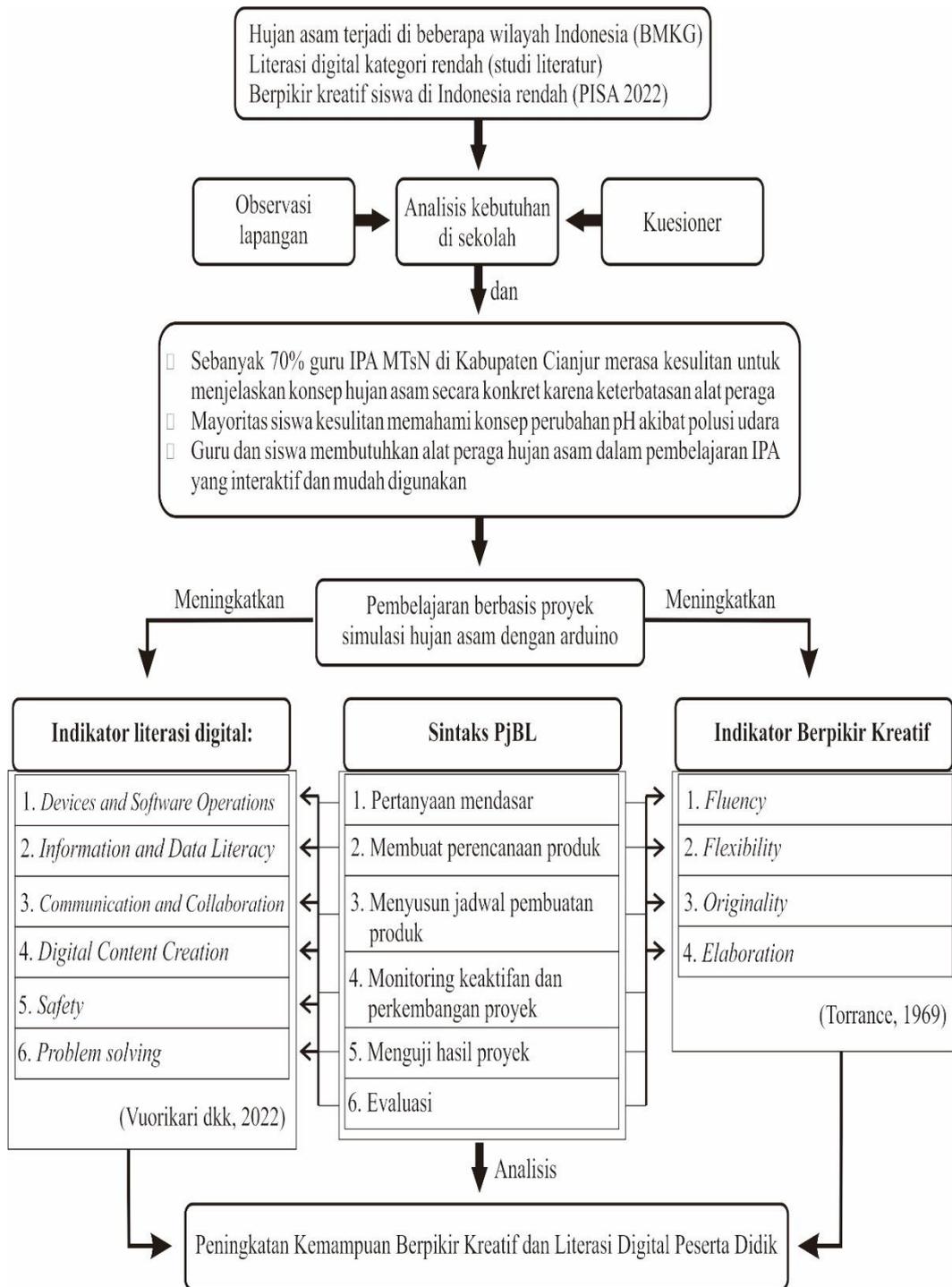
Melalui penerapan langkah-langkah tersebut, partisipasi aktif peserta didik tidak hanya berkontribusi pada peningkatan hasil belajar secara kognitif, tetapi juga menumbuhkan rasa ingin tahu yang tinggi, mengembangkan sikap ilmiah, dan membangun kepercayaan diri dalam mengkomunikasikan hasil temuannya.

Interaksi yang intens antara peserta didik, guru, dan lingkungan belajar menciptakan suasana pembelajaran yang kolaboratif serta memotivasi mereka untuk terus berpikir kritis dan kreatif. Dengan demikian, pembelajaran menjadi lebih efektif, relevan, dan mampu memberikan bekal keterampilan abad ke-21 yang diperlukan peserta didik dalam menghadapi tantangan masa depan.

Salah satu bentuk implementasi konkret dari pendekatan ini adalah PjBL melalui simulasi hujan asam menggunakan mikrokontroler Arduino. Kegiatan ini dirancang untuk mengintegrasikan aspek sains dengan teknologi digital, sehingga mampu meningkatkan literasi digital peserta didik secara signifikan. Dalam prosesnya, peserta didik belajar merancang sistem pemantauan sederhana, memprogram sensor, serta mengamati dan menganalisis data simulasi yang mereka peroleh. Proses ini menumbuhkan kemampuan teknis sekaligus memperkaya pengalaman belajar dengan praktik nyata. Di samping itu, kreativitas peserta didik turut terasah melalui tantangan dalam mendesain alat, membuat model penyajian data, dan menyampaikan hasil proyek dalam bentuk yang menarik dan informatif. Hal ini mendukung pengembangan soft skills yang sangat relevan dengan tuntutan pendidikan saat ini, seperti kemampuan kolaborasi, dan inovasi. Dengan demikian, pembelajaran IPA harus berfokus pada pencapaian akademik, serta membekali peserta didik dengan keterampilan masa depan yang holistik.

Untuk mengukur literasi digital, digunakan instrumen kuisisioner yang dirancang khusus. Instrumen literasi digital terdiri dari 6 aspek yaitu: 1). Operasi Perangkat dan Perangkat Lunak (*Devices and Software Operations*), 2). Literasi Informasi dan Data (*Information and Data Literacy*), 3). Komunikasi dan Kolaborasi (*Communication and Collaboration*), 4). Pembuatan Konten Digital (*Digital Content Creation*), 5). Keamanan (*Safety*), dan 6). Pemecahan Masalah (*Problem-Solving*) (Vuorikari dkk, 2022). Untuk mengukur kreativitas peserta didik menggunakan penilaian dengan indikator penilaian meliputi: 1). Berpikir lancar (*fluency*). 2). Berpikir luwes (*flexibility*), 3). Berpikir orisinal (*originality*), dan 4). Elaborasi (Torrance, 1969).

Berdasarkan pemaparan tersebut, kerangka berpikir dalam penelitian ini bisa dilihat pada Gambar 1.1 di bawah ini.



Gambar 1.1 Alur Kerangka Pemikiran Penelitian

F. Hipotesis

Dalam penelitian ini, hipotesis difokuskan pada data kuantitatif dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Hipotesis Utama

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan keterampilan berpikir kreatif peserta didik setelah mengikuti pembelajaran berbasis proyek (PjBL) simulasi hujan asam menggunakan Arduino pada materi pencemaran udara.

H₁ : Terdapat perbedaan yang signifikan peningkatan yang signifikan keterampilan berpikir kreatif peserta didik setelah mengikuti pembelajaran berbasis proyek (PjBL) simulasi hujan asam menggunakan Arduino pada materi pencemaran udara.

2. Hipotesis Terkait

Ho : Tidak terdapat hubungan yang signifikan antara keterampilan berpikir kreatif dengan literasi digital peserta didik setelah mengikuti pembelajaran berbasis proyek (PjBL) simulasi hujan asam menggunakan Arduino pada materi pencemaran udara.

H₁ : Terdapat hubungan yang signifikan antara keterampilan peserta didik setelah mengikuti pembelajaran berbasis proyek (PjBL) simulasi hujan asam menggunakan Arduino pada materi pencemaran udara.