

# Pengembangan Perangkat Pembelajaran IPA Berbasis Inkuiri-STEM pada Proyek Alat Pendeteksi Banjir untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Kelas XI: Sebuah Tinjauan Sistematis

Zahwa Putri Naila<sup>1</sup>, Berry Kurnia Vilmala<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universitas Muhammadiyah Riau

Email: [230603027@student.umri.ac.id](mailto:230603027@student.umri.ac.id)

## Article Info

### Article history:

Received June 25, 2026

Revised July 08, 2026

Accepted July 12, 2026

### Keywords:

*Inquiry-Based Learning, STEM, Flood Detector, Critical Thinking, Systematic Literature Review*

## ABSTRACT

*Critical thinking skills are an essential 21st-century competency and a major challenge in science learning at the secondary school level. Conventional science learning is often not relevant to surrounding environmental issues, so learning tools that are responsive and integrative are needed. This study aims to analyze and describe trends, effectiveness, and strategies for developing science learning tools based on Inquiry-Based Learning (IBL) integrated with a STEM approach through flood detection device engineering projects. The research method used is a Systematic Literature Review (SLR), analyzing reputable journal documents related to IBL-STEM integration, project-based learning, and disaster detection technology. The results of the systematic review show that: (1) applying inquiry syntax combined with STEM engineering design can significantly train students' critical thinking indicators (analysis, evaluation, and inference); (2) contextual projects like sensor-based flood detectors provide real opportunities for students to apply physics, chemistry, and math concepts in solving environmental problems; and (3) integrating digital media and physical design boosts students' active engagement. These findings recommend the need to develop structured IBL-STEM teaching modules tailored to the diverse characteristics of students' intelligence.*

*This is an open access article under the CC BY-SA license.*



## Article Info

### Article history:

Received June 25, 2026

Revised July 08, 2026

Accepted July 12, 2026

### Kata kunci:

*Inquiry-Based Learning, STEM, Pendeteksi Banjir, Berpikir Kritis, Systematic Literature Review..*

## ABSTRAK

Keterampilan berpikir kritis merupakan kompetensi esensial abad ke-21 yang menjadi tantangan utama dalam pembelajaran IPA di jenjang sekolah menengah. Pembelajaran sains konvensional sering kali tidak relevan dengan isu lingkungan sekitar, sehingga diperlukan perangkat pembelajaran yang responsif dan integratif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mendeskripsikan tren, keefektifan, serta strategi pengembangan perangkat pembelajaran IPA berbasis *Inquiry-Based Learning* (IBL) yang diintegrasikan dengan pendekatan STEM melalui proyek rekayasa alat pendeteksi banjir. Metode penelitian yang digunakan adalah *Systematic Literature Review* (SLR) dengan menganalisis dokumen jurnal bereputasi terkait integrasi IBL-STEM, pembelajaran berbasis proyek, serta teknologi pendeteksi bencana. Hasil tinjauan sistematis menunjukkan bahwa: (1) penerapan sintaks inkuiri yang dipadukan dengan desain engineering STEM.



**Corresponding Author:**

Zahwa Putri Naila

Universitas Muhammadiyah Riau

Email: [230603027@student.umri.ac.id](mailto:230603027@student.umri.ac.id)

## PENDAHULUAN

Transformasi pendidikan sains abad ke-21 menuntut pergeseran paradigma dari sekadar penguasaan materi menuju pembentukan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills / HOTS*), khususnya kemampuan berpikir kritis. Dalam ranah pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) di tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA/MA) atau kelas XI, siswa dituntut tidak hanya memahami konsep teoretis, melainkan juga mampu mengaitkan konsep tersebut dengan fenomena kontekstual di lingkungan sekitar mereka (Choiri et al., 2026).

Namun, berbagai studi menunjukkan adanya kesenjangan (*gap*) di kelas. Pembelajaran IPA masih didominasi oleh metode ceramah berbasis transmisi pasif, di mana siswa jarang dilatih melakukan penyelidikan ilmiah mandiri. Kondisi ini menyebabkan rendahnya kemampuan siswa dalam menganalisis data, mengevaluasi bukti, dan merumuskan solusi atas permasalahan riil. Salah satu isu lokal dan global yang sangat relevan untuk diangkat dalam pembelajaran sains kontekstual adalah bencana banjir.

Guna mengatasi permasalahan tersebut, integrasi model Inquiry-Based Learning (IBL) dan pendekatan Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) menjadi solusi pedagogis yang sangat direkomendasikan. IBL memberikan kerangka kerja bagi siswa untuk melakukan penyelidikan berbasis masalah, sedangkan pendekatan STEM memfasilitasi pembuatan produk nyata berupa rancangan teknologi (seperti alat pendeteksi banjir sederhana berbasis sensor/mikroprosesor). Melalui proyek ini, siswa diajak mengintegrasikan konsep hukum fluida/listrik (Sains), penggunaan sensor (Teknologi), perancangan sirkuit (Enjiniring), dan kalkulasi data (Matematika).

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan penelaahan sistematis (Systematic Literature Review) terhadap pustaka ilmiah guna memetakan bagaimana perangkat pembelajaran IPA berbasis Inkuiri-STEM melalui proyek pendeteksi banjir dapat dirancang dan diimplementasikan secara efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa kelas XI.

## TINJAUAN PUSTAKA

### 1. *Inquiry-Based Learning* (IBL) dalam Pembelajaran IPA

*Inquiry-Based Learning* (IBL) atau pembelajaran berbasis inkuiri merupakan pendekatan pedagogis yang berakar pada teori konstruktivisme, di mana siswa dibimbing untuk membangun pengetahuannya sendiri melalui proses penyelidikan ilmiah secara aktif (Ješkov & Luk, 2022). Pembelajaran sains tidak lagi diposisikan sebagai penghafalan fakta-fakta terisolasi, melainkan sebagai proses penemuan (*discovery process*). Menurut kriteria ilmiah, sintaks atau langkah-langkah utama dalam model IBL umumnya meliputi lima tahapan esensial (Model 5E):

- Engagement (*Pelibatan*): Mengorientasikan siswa pada masalah kontekstual di lingkungan untuk membangkitkan rasa ingin tahu.
- Exploration (*Eksplorasi*): Siswa merancang dan melakukan eksperimen atau pengumpulan data secara mandiri atau berkelompok.

- c) Explanation (*Penjelasan*): Siswa menganalisis data temuan dan menyusun eksplanasi ilmiah atas fenomena yang diamati.
- d) Elaboration (*Elaborasi*): Siswa memperluas dan mengaplikasikan konsep yang telah dipahami ke dalam situasi atau masalah baru yang lebih kompleks.
- e) Evaluation (*Evaluasi*): Siswa dan guru melakukan penilaian terhadap proses dan hasil penyelidikan.

Penerapan IBL terbukti secara signifikan meningkatkan keterlibatan aktif siswa (*learner engagement*), pemahaman konsep mendalam, serta keterampilan proses sains. Penerapan inkuiri terstruktur dan terbimbing memberikan ruang bagi siswa dari berbagai tingkat pencapaian akademis untuk berkembang secara optimal (Ronilo, 2024).

## 2. Pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*)

Pendekatan STEM merupakan integrasi dari empat disiplin ilmu yang saling berkaitan untuk memecahkan masalah-masalah di dunia nyata secara holistik. Penerapan STEM dalam pendidikan sains bertujuan untuk mengubah pembelajaran yang tadinya bersifat teoritis menjadi pembelajaran berbasis aplikasi rekayasa. Empat komponen STEM dalam penelitian ini didefinisikan sebagai berikut (Alfia Habwah Hendranti<sup>1</sup>, Bunga Aldenina<sup>2</sup>, Tristia Layla Indriani<sup>3</sup>, 2025):

- a) *Science* (Sains): Penguasaan konsep-konsep Ilmu Pengetahuan Alam, seperti tekanan hidrostatik, hukum fluida, serta prinsip kelistrikan dan hukum Ohm yang menjadi dasar kerja sistem alat.
- b) *Technology* (Teknologi): Pemanfaatan dan pengintegrasian perangkat keras maupun lunak, seperti pemanfaatan sensor air (*water level sensor*), mikroprosesor/Arduino, buzzer, serta simulasi sirkuit digital.
- c) *Engineering* (Enjiniring/Rekayasa): Penerapan *Engineering Design Process* (EDP) yang mencakup identifikasi masalah, perancangan skema rangkaian, perakitan prototipe fisik alat pendeteksi banjir, hingga pengujian dan perbaikan alat secara berulang.
- d) *Mathematics* (Matematika): Penggunaan kalkulasi matematis untuk mengukur ketinggian air, menghitung waktu respons sensor, serta memetakan skala batas aman dan bahaya banjir secara presisi.

Penggabungan IBL dan STEM (Inkuiri-STEM) menciptakan sinergi di mana proses penyelidikan ilmiah (Inkuiri) diperkuat oleh proses pembuatan produk rekayasa teknologi (STEM), sehingga memberikan pengalaman belajar yang bermakna.

## 3. Proyek Rekayasa Alat Pendeteksi Banjir sebagai Media Pembelajaran Kontekstual

Pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning*) dengan topik pembuat alat pendeteksi banjir merupakan salah satu wujud implementasi pembelajaran IPA yang kontekstual dan responsif terhadap lingkungan sekitar. Bencana banjir merupakan isu lingkungan riil yang memerlukan solusi berbasis teknologi dan sains (Arifah, 2026).

Melalui proyek ini, siswa kelas XI diajak untuk merancang prototipe alat pendeteksi dini banjir sederhana. Perakitan alat ini melibatkan integrasi konsep-konsep fisika (rangkainan listrik seri/paralel, sifat fluida, dan hantaran), komponen elektronik sederhana, serta struktur pelampung/wadah. Pengembangan proyek ini tidak hanya menguji pemahaman konsep teoritis siswa, tetapi juga melatih kemampuan manipulatif, ketekunan, dan pemecahan masalah secara langsung di laboratorium.

## 4. Keterampilan Berpikir Kritis Siswa

Keterampilan berpikir kritis merupakan salah satu kemampuan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills / HOTS*) yang menjadi fokus utama target pembelajaran abad

ke-21. Berpikir kritis didefinisikan sebagai proses mental yang terarah, rasional, dan reflektif dalam memutuskan apa yang harus dipercaya atau dilakukan berdasarkan bukti-bukti yang sah (Muttaqiin, 2023)(Zhu et al., 2023). Dalam penelitian ini, indikator keterampilan berpikir kritis yang diukur mengacu pada kerangka penilaian sains, antara lain:

- a) Memberikan Penjelasan Sederhana (*Elementary Clarification*): Mampu mengidentifikasi masalah utama di balik fenomena banjir dan merumuskan pertanyaan penyelidikan.
- b) Menganalisis dan Membangun Keterampilan Dasar (*Basic Support*): Mampu memilih alat, bahan, dan sensor yang tepat serta menilai keandalan sumber data yang diperoleh dari eksperimen.
- c) Menyimpulkan (*Inference*): Mampu menarik kesimpulan logis dari hasil pengujian alat pendeteksi banjir berdasarkan data ketinggian air dan indikator alarm.
- d) Memberikan Penjelasan Lanjut (*Advanced Clarification*): Mampu mengaitkan konsep sains dan hukum fisika yang mendasari mekanisme kerja alat pendeteksi banjir.
- e) Mengatur Strategi dan Taktik (*Strategies and Tactics*): Mampu merancang, merevisi, dan mengevaluasi kelemahan rancangan prototipe alat ketika terjadi kegagalan sistem saat uji coba.

## 5. Penyelarasan Pembelajaran dengan Karakteristik Kecerdasan Majemuk (*Multiple Intelligences*)

Efektivitas perangkat pembelajaran berpendekatan IBL-STEM sangat dipengaruhi oleh sejauh mana perangkat tersebut mampu memfasilitasi keragaman internal peserta didik. Menurut teori Kecerdasan Majemuk (*Multiple Intelligences*), setiap siswa memiliki kombinasi profil kecerdasan yang unik. Dalam pembelajaran praktikum IPA, dua profil kecerdasan yang paling menonjol adalah (Sisnita Sari, 2026):

- a) Kecerdasan Linguistik-Verbal: Kemampuan mengolah kata, bahasa, dan argumentasi tertulis maupun lisan. Siswa dengan kecerdasan linguistik tinggi cenderung unggul dalam menyusun laporan praktikum, merumuskan argumentasi saat diskusi kelompok, serta menyampaikan gagasan ilmiah saat presentasi.
- b) Kecerdasan Kinestetik-Badani: Kemampuan menggunakan seluruh tubuh atau anggota badan untuk mengekspresikan ide, membuat produk, atau memanipulasi objek fisik. Dalam proyek STEM, siswa dengan kecerdasan kinestetik unggul dalam merangkai komponen fisik, memotong kabel, merakit sensor, dan melakukan uji coba alat secara mekanis (Sugianto et al., 2018).

Perangkat pembelajaran yang dikembangkan (seperti Modul Ajar dan LKPD) dirancang secara berdiferensiasi agar siswa berkecerdasan kinestetik dapat mengeksplorasi kemampuan motoriknya dalam perakitan alat, sementara siswa berkecerdasan linguistik dapat mengoptimalkan kemampuan komunikasinya dalam sintesis data dan presentasi proyek (Husni, 2020).

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR). Metode SLR dilakukan untuk mengidentifikasi, mengkaji, mengevaluasi, dan menginterpretasikan seluruh riset yang relevan dengan topik yang diteliti. Tahapan SLR dalam penelitian ini mengacu pada protokol PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), yang terdiri dari:

- a) Formulasi Pertanyaan Penelitian (*Research Questions*):
  1. *RQ1*: Bagaimana tren dan efektivitas penerapan IBL terintegrasi STEM dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dalam pendidikan sains?
  2. *RQ2*: Bagaimana kerangka pengembangan proyek rekayasa alat pendeteksi banjir dapat diintegrasikan ke dalam sintaks pembelajaran IPA kelas XI?

b) Kriteria Inklusi dan Eksklusi:

1. *Inklusi*: Artikel jurnal ilmiah bereputasi, membahas *Inquiry-Based Learning*, pendekatan STEM, media/teknologi simulasi atau proyek alat, serta variabel keterampilan berpikir kritis atau proses sains.
2. *Eksklusi*: Artikel yang tidak melalui proses *peer-review* atau tidak relevan dengan domain pendidikan sains/STEM.

c) **Sintesis Data**: Data yang diekstraksi dari artikel terpilih dianalisis secara kualitatif-tematis melalui metode *co-word* dan pemetaan konseptual guna menarik kesimpulan komprehensif (Hidayatullah & Widhyastuti, 2025).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Sintaks Inkuiri-STEM dalam Melatih Berpikir Kritis

Berdasarkan analisis terhadap literatur global, integrasi IBL dan STEM terbukti memberikan dampak positif yang signifikan terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa. Langkah-langkah inkuiri (orientasi masalah, merumuskan hipotesis, pengumpulan data, dan penarikan kesimpulan) memberikan ruang bagi siswa untuk menguji ide-ide mereka secara empiris (Fadila & Husna, 2025). Ketika dikombinasikan dengan alur rekayasa teknik (*engineering design process*) pada STEM, indikator berpikir kritis terstimulasi secara optimal:

- a) **Analisis**: Siswa menganalisis potensi bahaya banjir di lingkungan sekitar dan mengidentifikasi variabel yang mempengaruhinya.
- b) **Evaluasi**: Siswa mengevaluasi kelemahan dan kelebihan dari desain alat pendeteksi banjir yang mereka buat.
- c) **Inferensi**: Siswa menyimpulkan efektivitas alat berdasarkan data pengujian ketinggian air dan respons sensor.

### 2. Proyek Alat Pendeteksi Banjir sebagai Pembelajaran Kontekstual

Proyek pendeteksi banjir merupakan sarana yang sangat kontekstual untuk siswa kelas XI. Dalam proyek ini, keterpaduan empat domain STEM terwujud secara nyata:

- a) Sains (*Science*): Pemahaman mengenai tekanan hidrostatik, hukum Archimedes, dan prinsip hantaran listrik/gelombang.
- b) Teknologi (*Technology*): Pemanfaatan sensor air (*water level sensor*), buzzer, LED, atau komponen mikrokontroler sederhana.
- c) Teknik (*Engineering*): Merancang skema rangkaian, merakit wadah pelampung, dan menguji keandalan sistem alarm banjir.
- d) Matematika (*Mathematics*): Mengukur volume air, menghitung debit, dan memetakan waktu respons sensor terhadap perubahan ketinggian air (Manihuruk et al., 2025).

Melalui proyek nyata ini, pembelajaran IPA tidak lagi bersifat abstrak, melainkan memberikan pengalaman belajar aktif yang berdampak langsung pada pemecahan masalah lingkungan (Ariyani et al., 2019).

### 3. Penyelarasan Perangkat Pembelajaran dengan Karakteristik Siswa

Hasil tinjauan sistematis juga menunjukkan bahwa keberhasilan pengembangan perangkat pembelajaran IBL-STEM sangat dipengaruhi oleh fleksibilitas perangkat dalam mengakomodasi keragaman karakteristik siswa. Penyusunan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dan Modul Ajar tidak boleh hanya mengandalkan instruksi verbal-linguistik (baca-tulis) (Risma Fadliyatul Maulidiah1, Ernita Aulia2, 2025).

Perangkat pembelajaran proyek pendeteksi banjir ini dirancang secara berdiferensiasi:

- a) **Siswa dengan Kecerdasan Kinestetik/Spasial**: Difasilitasi melalui kegiatan perakitan fisik alat, manipulasi kabel/sensor, dan perancangan maket lokasi banjir.
- b) **Siswa dengan Kecerdasan Linguistik**: Difasilitasi melalui kegiatan penyusunan laporan ilmiah, perumusan argumen saat diskusi kelompok, dan presentasi hasil proyek di depan kelas.



Penggunaan media pendukung seperti laboratorium virtual atau simulasi sirkuit digital sebelum perakitan alat fisik juga sangat direkomendasikan untuk membantu siswa memvisualisasikan arus listrik dan aliran air secara konkret.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil *Systematic Literature Review* (SLR), dapat disimpulkan bahwa pengembangan perangkat pembelajaran IPA berbasis Inkuiri-STEM melalui proyek pendeteksi banjir merupakan pendekatan yang sangat efektif dan potensial untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa kelas XI. Integrasi ini berhasil menjembatani teori sains yang abstrak dengan aplikasi teknologi rekayasa nyata di kehidupan sehari-hari. Diharapkan dapat menyusun modul ajar IBL-STEM yang memberikan porsi seimbang antara penyelidikan ilmiah (inkuiri) dan pembuatan produk rekayasa (enjiniring), serta memperhatikan profil kecerdasan majemuk siswa. Perlu adanya pelatihan berkelanjutan (*teacher professional development*) untuk meningkatkan Pengetahuan Konten Pedagogis (*Pedagogical Content Knowledge / PCK*) guru dalam mengintegrasikan proyek berbasis teknologi dan STEM di sekolah. Perlu dilakukan penelitian eksperimen di lapangan (*field research*) untuk menguji secara empiris kepraktisan dan efektivitas modul IBL-STEM pendeteksi banjir ini pada sampel siswa yang lebih luas (Maknun & Haryanti, 2022).

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfia Habwah Hendrantil, Bunga Aldenina<sup>2</sup>, Tristia Layla Indriani<sup>3</sup>, S. I. (2025). Efektivitas Model Pembelajaran Stem Dan Project-Based Learning Dalam Meningkatkan Pemahaman Ipa Di SD. *Pendas : Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10.
- Arifah, A. (2026). Efektivitas Model Pembelajaran Stem Terhadap Pemahaman Konsep Ipa Pada Siswa Kelas V Bangun Insan Mandiri. *Didaktik : Jurnal Ilmiah PGSD FKIP Universitas Mandiri*, 12.
- Ariyani, F., Maulina, H., & Design, N. (2019). *Design and Validation of Inquiry-based STEM Learning Strategy as a Powerful Alternative Solution to Facilitate Gifted Students Facing 21st Century Challenging To cite this article* : 7(March), 33–56.
- Choiri, F. D., Ikhsanudin, S., Abhirama, R. B., Paryanti, A. B., Sangapan, L. H., & Bisnis, I. (2026). *Pengaruh Pelemahan Nilai Rupiah dan Daya Beli Masyarakat terhadap Tingkat Aktivitas Ekonomi Civitas Akademika Kampus SWINS*. 03(02), 300–315.
- Fadila, F. N., & Husna, R. L. (2025). *CJPE : Cokroaminoto Juornal of Primary Education Penerapan Inquiry-Based Learning dalam Pembelajaran IPA untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif dan Inovatif Peserta Pendahuluan Sistem pendidikan di Indonesia masih menghadapi tantangan besar dalam*. 8, 1069–1079.
- Hidayatullah, M. I., & Widhyastuti, K. L. (2025). *IJoEd : Indonesian Journal on Education Tinjauan Literatur : Efektifitas Penggunaan Model Pembelajaran Inquiry dalam Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar Literature Review : Effectiveness of Using Inquiry Learning Model in Science Learning in Elementary Schools*. 1(3), 228–234.
- Husni. (2020). the Effect of inquiry-based learning on religious subjects learningactivities: an Experiental study in high schools. *Jurnal Pendidikan Islam*, 8(1).
- Ješkov, Z., & Luk, S. (2022). *education sciences Active Learning in STEM Education with Regard to the Development of Inquiry Skills*.

- Maknun, L., & Haryanti, L. (2022). *Pembelajaran Bahasa Indonesia Menggunakan Metode Inquiry Based Learning Di Sekolah Dasar*. 3(2), 155–163.
- Manihuruk, W., Ruslan, D., Simaremare, A., Medan, U. N., & Medan, K. (2025). *Inovasi Kurikulum*. 22(3), 1743–1756.
- Muttaqiin, A. (2023). Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) pada Pembelajaran IPA Untuk Melatih Keterampilan Abad 21. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 13, 34–45.
- Risma Fadliyatul Maulidiah<sup>1</sup>, Ernita Aulia<sup>2</sup>, M. A. M. (2025). *Implementasi Model Pembelajaran Inkuiri Dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Pada Pembelajaran IPA Risma*. 2, 3012–3021.
- Ronilo. (2024). *Inquiry-Based Learning in STEM Education: A Scientometric Mapping of Research Trends, Hotspots, and Future Directions*. 37(1), 2–16.
- Sisnita Sari. (2026). *Al-Madrasah : Jurnal Ilmiah Pendidikan Madrasah Ibtidaiyah Pengaruh Model Inquiry Based Learning Terhadap Pemahaman Pembelajaran Ipa Di Gugus Vi Kecamatan Palembang Sisnita Sari Universitas Adzkia Hafiz Hidayat Universitas Adzkia Alfroki Martha Universit*. 10(1), 350–362. <https://doi.org/10.35931/am.v10i1.5809>
- Sugianto, S. D., Ahied, M., & Hadi, W. P. (2018). *Pengembangan Modul Ipa Berbasis Proyek Terintegrasi STEM*. 2015, 28–39.
- Zhu, Y., Lou, Z., & Wang, J. (2023). *Research on System of Virtual-Reality Fusion and Inquiry-Based Learning Research on System of Virtual-Reality Fusion and Inquiry-Based Learning*. 35(1).