



**LAPORAN AKHIR PENELITIAN  
RISET UNGGULAN DAERAH**

**PENGEMBANGAN MODEL DAN MATERI  
PEMBELAJARAN TERINTEGRASI  
ISU-ISU LINGKUNGAN BERBASIS  
TEKNOLOGI DI KOTA PEKALONGAN**

**Tim Peneliti:**

**Dr. Muhammad Ali Gunawan, S.Pd.,M.Pd.**

**Adib Muhammad, M.E.**

**Efendy Aprianto, S.Kom**


**PEMERINTAH KOTA PEKALONGAN  
BADAN PERENCANAAN PEMBANGUNAN,  
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN DAERAH  
TAHUN 2024**

## LEMBAR PENGESAHAN

1. Kegiatan Penelitian : Riset Unggulan Daerah  
- Judul Penelitian : Pengembangan Model dan Materi Pembelajaran Terintegrasi Isu-Isu Lingkungan Berbasis Teknologi di Kota Pekalongan
2. Lembaga Pelaksana  
- Nama : Sekolah Tinggi Agama Islam Ki Ageng Pekalongan (STAIKAP) Yayasan Madrasah Islamiyah (YMI) Wonopringgo  
- Alamat : Jalan Simpang Raya Tiga Sedayu, Wonopringgo Pekalongan  
- Telp./Fax/Email : (0285) 4483692/admin@staikap.ac.id
3. No. SPK : 000.9/31/2024
4. Waktu Pelaksanaan : Juni – November 2024
5. Lokasi Penelitian : Kota Pekalongan
6. Peneliti :  
- Ketua Tim : Dr. Muhammad Ali Gunawan, S.Pd.,M.Pd.  
- Anggota : 1. Adib Muhammad, M.E.  
2. Efendy Aprianto, S.Kom
7. Sumber Anggaran : APBD Pemerintah Kota Pekalongan TA. 2024
8. Besar Anggaran : Rp.25.000.000,-  
(Dua Puluh Lima Juta Rupiah)

Pekalongan, November 2024

  
Ketua LP2M STAIKAP  
**Ahmad Kamalul Fikri, M.Li.**  
NIDN. 2126069101

Ketua Tim Peneliti,  
  
**Dr. Muhammad Ali  
Gunawan, S.Pd.,M.Pd.**  
NIDN. 0612038002

Mengetahui,  
KEPALA BAPPEDA  
KOTA PEKALONGAN

**CAYEKTI WIDIGDO, AP., M.Si.**

Pembina Utama Muda  
NIP. 197507291994121001

## **SAMBUTAN KEPALA BAPPEDA KOTA PEKALONGAN**

*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh,  
Salam sejahtera bagi kita semua,*

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga kita dapat menyaksikan hasil dari sebuah penelitian yang sangat relevan dengan kebutuhan dan tantangan Kota Pekalongan saat ini. Penelitian dengan judul "*Pengembangan Model dan Materi Pembelajaran Terintegrasi Isu-isu Lingkungan Berbasis Teknologi di Kota Pekalongan*" ini merupakan bagian dari Program Riset Unggulan Daerah (RUD) yang dikelola oleh Badan Perencanaan Pembangunan, Penelitian, dan Pengembangan Daerah (BAPPEDA) Kota Pekalongan.

Sebagai kota yang menghadapi tantangan besar terkait abrasi pantai, banjir rob, dan pencemaran limbah, Kota Pekalongan membutuhkan pendekatan inovatif dalam mengelola masalah lingkungan. Pendidikan adalah kunci untuk membangun kesadaran dan kepedulian masyarakat sejak dini terhadap isu-isu lingkungan. Penelitian ini hadir untuk memberikan solusi melalui pengembangan Model-G, yang mengintegrasikan teknologi dalam pembelajaran berbasis lingkungan, sekaligus memperkuat relevansi kurikulum dengan permasalahan nyata di daerah kita.

Kami mengapresiasi dedikasi peneliti dan kolaborasi yang telah terjalin antara berbagai pihak, termasuk lembaga pendidikan, masyarakat, dan dunia usaha, dalam mendukung implementasi model ini. Harapannya, hasil penelitian ini tidak hanya menjadi inovasi yang bermanfaat bagi sekolah-sekolah di Kota Pekalongan, tetapi juga menjadi model yang dapat diadopsi oleh daerah lain di Indonesia yang menghadapi tantangan lingkungan serupa.

Akhir kata, semoga penelitian ini menjadi langkah awal yang nyata dalam mewujudkan visi pembangunan Kota Pekalongan yang lebih berkelanjutan. Terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung keberhasilan program ini.

*Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Pekalongan, 23 November 2024  
Kepala BAPPEDA Kota Pekalongan

**CAYEKTI WIDIGDO, AP.,M.Si.**  
**NIP. 19750729 1994121 001**

## KATA PENGANTAR

*Bismillahi wabihamdihi  
Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan laporan akhir hasil penelitian dengan judul "Pengembangan Model dan Materi Pembelajaran Terintegrasi Isu-isu Lingkungan Berbasis Teknologi di Kota Pekalongan". Penelitian ini merupakan bagian dari Program Riset Unggulan Daerah (RUD) Tahun Anggaran 2024 yang difasilitasi oleh Badan Perencanaan Pembangunan, Penelitian, dan Pengembangan Daerah (BAPPEDA) Kota Pekalongan.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan akan pembelajaran yang kontekstual dan relevan dengan permasalahan lingkungan lokal, seperti banjir rob, abrasi pantai, dan pencemaran limbah batik. Dengan mengintegrasikan isu-isu lingkungan ke dalam pembelajaran berbasis teknologi, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model pembelajaran yang tidak hanya mendukung pencapaian kurikulum tetapi juga meningkatkan kepedulian siswa terhadap lingkungan.

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada berbagai pihak yang telah mendukung dan berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini. Kami menghaturkan apresiasi kepada Badan Perencanaan Pembangunan, Penelitian, dan Pengembangan Daerah (BAPPEDA) Kota Pekalongan atas dukungannya yang tak terhingga. Terima kasih juga kami sampaikan kepada STAI Ki Ageng Pekalongan sebagai lembaga pelaksana penelitian, para kepala sekolah, guru, dan siswa dari sekolah-sekolah yang menjadi sampel penelitian, serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan ini.

Kami menyadari bahwa laporan ini masih memerlukan penyempurnaan. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan ini dapat memberikan kontribusi nyata bagi dunia pendidikan, khususnya dalam pengembangan pembelajaran berbasis lingkungan di Kota Pekalongan, dan menjadi referensi yang bermanfaat bagi peneliti dan praktisi pendidikan.

*Wallohul Muaffiqu Ila Aquamitthoriq  
Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Pekalongan, 23 November 2024

Tim Peneliti

## ABSTRAK

Kota Pekalongan menghadapi tantangan lingkungan yang signifikan, seperti abrasi pantai, banjir rob, dan pencemaran air akibat limbah batik, yang diperparah oleh perubahan iklim dan aktivitas manusia. Tantangan ini menegaskan pentingnya mengintegrasikan isu-isu lingkungan ke dalam pendidikan untuk meningkatkan kesadaran dan komitmen siswa terhadap pelestarian lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model dan materi pembelajaran terintegrasi isu-isu lingkungan berbasis teknologi. Dengan menggunakan metode *Research and Development (R&D)* berbasis model *ADDIE (Analyze, Design, Develop, Implement, Evaluate)*, data dikumpulkan melalui observasi, wawancara, dan angket, serta dianalisis menggunakan metode deskriptif kuantitatif dan kualitatif untuk menilai efektivitas model. Penelitian ini menghasilkan Model-G, yang mengintegrasikan isu-isu lingkungan lokal seperti banjir rob, abrasi pantai, dan pencemaran limbah batik ke dalam pembelajaran berbasis proyek, berbasis masalah, dan berbasis simulasi, yang didukung oleh multimedia interaktif dan simulasi virtual. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ini secara signifikan meningkatkan sensitivitas dan kesadaran lingkungan di sekolah-sekolah sampel pada jenjang SD, SMP, dan SMA di Kota Pekalongan. Selain itu, integrasi teknologi secara efektif melibatkan siswa dalam menganalisis, menyelesaikan, dan memitigasi masalah lingkungan lokal, sehingga pembelajaran menjadi lebih relevan dan berdampak. Penelitian ini menyimpulkan bahwa Model-G, yang menggabungkan isu-isu lingkungan dengan strategi pembelajaran berbasis teknologi, menawarkan pendekatan yang efektif untuk membangun sensitivitas dan kesadaran serta aksi lingkungan di kalangan siswa. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan pendidikan lingkungan berbasis teknologi yang adaptif dan disesuaikan dengan kondisi spesifik Kota Pekalongan. Implikasinya, model ini memiliki potensi untuk diterapkan secara lebih luas di daerah lain dengan tantangan lingkungan serupa, sekaligus mendukung terciptanya kebijakan pendidikan lingkungan yang berkelanjutan di tingkat regional dan nasional.

**Kata kunci:** Model-G, isu lingkungan, pembelajaran berbasis teknologi, Sensitivitas dan Kesadaran Siswa, Kota Pekalongan

## ABSTRACT

*The city of Pekalongan faces significant environmental challenges, including coastal abrasion, tidal flooding, and water pollution from batik waste, exacerbated by climate change and human activities. These challenges underscore the importance of integrating environmental issues into education to enhance students' awareness and commitment to environmental preservation. This study aims to develop a learning model and materials that integrate environmental issues using technology. Employing a Research and Development (R&D) approach based on the ADDIE model (Analyze, Design, Develop, Implement, Evaluate), data were collected through observations, interviews, and questionnaires, and analyzed using descriptive quantitative and qualitative methods to evaluate the model's effectiveness. The study resulted in Model-G, which integrates local environmental issues such as tidal flooding, coastal abrasion, and batik waste pollution into project-based, problem-based, and simulation-based learning, supported by interactive multimedia and virtual simulations. The findings indicate that this model significantly enhances environmental sensitivity and awareness in sampled schools at the elementary, junior high, and senior high school levels in Pekalongan. Furthermore, the integration of technology effectively engages students in analyzing, addressing, and mitigating local environmental problems, making learning more relevant and impactful. The study concludes that Model-G, combining environmental issues with technology-based learning strategies, provides an effective approach to fostering environmental sensitivity, awareness, and action among students. This research contributes to the development of adaptive, technology-based environmental education tailored to Pekalongan's specific conditions. The implications suggest that this model holds the potential for broader application in other regions facing similar environmental challenges, while also supporting the creation of sustainable environmental education policies at regional and national levels.*

**Keywords:** *G-Model, environmental issues, technology-based learning, students' sensitivity and awareness, Pekalongan City*

## DAFTAR ISI

|   |             |
|---|-------------|
| <b>LEMBAR PENGESAHAN</b>                            | <b>i</b>    |
| <b>SAMBUTAN KEPALA BAPPEDA KOTA PEKALONGAN</b>      | <b>ii</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR</b>                               | <b>iii</b>  |
| <b>ABSTRAK</b>                                      | <b>iv</b>   |
| <b>ABSTRACT</b>                                     | <b>v</b>    |
| <b>DAFTAR ISI</b>                                   | <b>vi</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL</b>                                 | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b>                                | <b>ix</b>   |
| <b>DAFTAR ISTILAH</b>                               | <b>x</b>    |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>                            | <b>1</b>    |
| <b>A. LATAR BELAKANG</b>                            | 1           |
| <b>B. PEMBATASAN MASALAH</b>                        | 3           |
| <b>C. RUANG LINGKUP PENELITIAN</b>                  | 3           |
| <b>D. RUMUSAN MASALAH</b>                           | 4           |
| <b>E. TUJUAN PENELITIAN</b>                         | 5           |
| <b>F. MANFAAT PENELITIAN</b>                        | 5           |
| <b>G. URGENSI PENELITIAN</b>                        | 8           |
| <b>H. KERANGKA PIKIR</b>                            | 10          |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI</b>   | <b>14</b>   |
| <b>A. TINJAUAN PUSTAKA</b>                          | 14          |
| <b>B. LANDASAN TEORI</b>                            | 17          |
| <b>1. Teori Pendidikan Lingkungan</b>               | 17          |
| <b>2. Teori Pengembangan Kurikulum</b>              | 20          |
| <b>3. Teori Model Pembelajaran</b>                  | 23          |
| <b>4. Teori Desain Pembelajaran (Instruksional)</b> | 25          |
| <b>5. Teori Teknologi Pembelajaran</b>              | 29          |
| <b>6. Teori Sensitivitas dan Kepedulian</b>         | 31          |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN</b>                    | <b>52</b>   |
| <b>A. JENIS DAN PENDEKATAN PENELITIAN</b>           | 52          |
| <b>B. TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN</b>               | 54          |
| <b>C. MODEL DAN MATERI YANG AKAN DIKEMBANGKAN</b>   | 54          |
| <b>D. POPULASI DAN SAMPEL</b>                       | 57          |
| <b>E. METODE DAN TEKNIK PENGUMPULAN DATA</b>        | 58          |
| <b>F. METODE ANALISIS DATA</b>                      | 60          |

|  |            |
|--|------------|
| <b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>                    | <b>63</b>  |
| <b>A. HASIL PENELITIAN</b>                                       | 63         |
| <b>1. Tahap Analisis (<i>Analyze</i>)</b>                        | 63         |
| <b>2. Desain Model dan Materi Pembelajaran</b>                   | 89         |
| <b>3. Pengembangan Model (<i>Develop</i>)</b>                    | 97         |
| <b>4. Implementasi Model (sensitivitas dan kepedulian) siswa</b> | 110        |
| <b>5. Evaluasi Model-G</b>                                       | 120        |
| <b>B. PEMBAHASAN</b>   | 140        |
| <b>1. Deskripsi Implementasi Model-G</b>                         | 140        |
| <b>2. Hasil Uji Efektivitas Model</b>                            | 143        |
| <b>3. Keunggulan Model-G</b>                                     | 145        |
| <b>4. Kelemahan Model dan Tantangan Implementasi</b>             | 147        |
| <b>5. Relevansi Model dengan Konteks Lokal</b>                   | 149        |
| <b>6. Indikator Target Keberhasilan</b>                          | 151        |
| <b>C. Keterbatasan Penelitian</b>                                | 153        |
| <b>D. Implikasi Teoretis dan Praktis</b>                         | 154        |
| <b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN</b>                                  | <b>158</b> |
| <b>A. SIMPULAN</b>   | 158        |
| <b>B. SARAN</b>  | 159        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>  | <b>162</b> |
| <b>LAMPIRAN</b>  | <b>193</b> |



## DAFTAR TABEL

|   |     |
|---|-----|
| Tabel 3.1 Data Sekolah Kota Pekalongan (DAPODIK Semester Ganjil 2024/2025)  | 57  |
| Tabel 3.2 Teknik Pengumpulan Data, Sasaran, Tujuan dan Jenis Data   | 59  |
| Tabel 3.3 Pedoman Konversi Tingkat Efektifitas Model dan Materi Pembelajaran Terintegrasi Isu-isu Lingkungan Berbasis Teknologi     | 60  |
| Tabel 4.1 Potensi Penduduk Terpapar Bencana di Kota Pekalongan  | 64  |
| Tabel 4.2 Kesiapan Sekolah dalam Mengintegrasikan Isu Lingkungan  | 67  |
| Tabel 4. 3 Ringkasan hasil wawancara tentang kesiapan teknologi di Sekolah dan solusi/rekomendasi                                   | 72  |
| Tabel 4.4 Ringkasan hasil wawancara dan solusi/rekomendasi tentang kebutuhan Pelatihan Guru   | 77  |
| Tabel 4.5 Ringkasan hasil wawancara tentang karakteristik belajar siswa di semua jenjang Pendidikan (SD, SMP, SMA)                  | 81  |
| Tabel 4.6 Rangkuman Hasil Analisis Kurikulum pada jenjang Pendidikan SD, SMP dan SMA di Kota Pekalongan                             | 83  |
| Tabel 4.7 Ringkasan hasil analisis materi pembelajaran jenjang SD, SMP dan SMA  | 86  |
| Tabel 4.8 Indikator Kunci Keberhasilan  | 103 |
| Tabel 4. 9 Kelebihan dan Kelemahan Model-G  | 109 |
| Tabel 4.10 Hasil Analisis Paired t-test Pretest dan Posttest Siswa di berbagai jenjang pendidikan di Kota Pekalongan (SD, SMP, SMA) | 114 |
| Tabel 4.11 Hasil Analisis Paired t-test Pretest dan Posttest Siswa SD Negeri Panjang Wetan  | 115 |
| Tabel 4.12 Hasil Analisis Paired t-test Pretest dan Posttest Siswa SMPN 2 Kota Pekalongan   | 117 |
| Tabel 4.13 Hasil Analisis Paired t-test Pretest dan Posttest Siswa SMAN 4 Kota Pekalongan   | 119 |
| Tabel 4.14 Ringkasan hasil validasi teoretis (theoretical validation)   | 122 |
| Tabel 4.15 Ringkasan Hasil Validasi Empiris   | 127 |
| Tabel 4.16 Ringkasan Hasil Validasi Ahli (Expert Judgment) terhadap model   | 128 |
| Tabel 4.17 Ringkasan hasil validasi keterlibatan dan ketercapaian tujuan pembelajaran   | 130 |
| Tabel 4.18 Ringkasan hasil validasi kesesuaian dengan kebijakan pendidikan  | 131 |
| Tabel 4.19 Ringkasan temuan validasi model  | 132 |
| Tabel 4.20 Ringkasan Efisiensi Model-G  | 136 |
| Tabel 4.21 Indikator dan Target Keberhasilan Model-G  | 151 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |     |
|---|-----|
| Gambar 1.1 Kerangka Pikir Penelitian Siklikal   | 11  |
| Gambar 1.2 Siklus Perencanaan Instruksional (Wiles & Bondi, 2015)   | 23  |
| Gambar 3.1 Alur pengembangan model dan materi pembelajaran menggunakan model ADDIE (Branch, 2009)                   | 54  |
| Gambar 3.2 Rancangan awal prototype Model-G yang akan dikembangkan  | 56  |
| Gambar 3.3 Components of Data Analysis: Interactive Model   | 62  |
| Gambar 4.1 Model pembelajaran terintegrasi isu-isu lingkungan berbasis teknologi (Model-G)                          | 90  |
| Gambar 4.2 Desain Final Model (G-Model)   | 98  |
| Gambar 4.3 Tingkat Sensitivitas dan Kepedulian Siswa terhadap Isu-isu Lingkungan di Kota Pekalongan 2024 (pre-lit)  | 110 |
| Gambar 4.4 Tingkat Sensitivitas dan Kepedulian Siswa terhadap Isu-isu Lingkungan di Kota Pekalongan 2024 (post-lit) | 112 |

## DAFTAR ISTILAH

- Abrasi Pantai : Proses pengikisan garis pantai yang disebabkan oleh aktivitas manusia atau fenomena alam, menjadi salah satu isu lingkungan di Kota Pekalongan.
- Analyze (Analisis) : Tahap awal dalam ADDIE untuk mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran, profil siswa, dan permasalahan yang akan dipecahkan.
- Banjir Rob : Banjir akibat naiknya permukaan air laut yang menggenangi daratan, terutama di wilayah pesisir Kota Pekalongan.
- Design (Desain) : Tahap kedua ADDIE untuk merancang tujuan pembelajaran, materi, dan strategi pengajaran berdasarkan hasil analisis sebelumnya.
- Develop (Pengembangan) : Tahap ketiga ADDIE, di mana materi pembelajaran dibuat dan prototipe model dirancang untuk diujicobakan.
- Efektivitas Model : Tingkat keberhasilan model dalam meningkatkan pemahaman, sensitivitas, dan kepedulian siswa terhadap isu-isu lingkungan.
- Implement (Implementasi) : Tahap keempat ADDIE, yang melibatkan pelaksanaan model dan materi pembelajaran di lapangan untuk menguji efektivitasnya.
- Isu-isu Lingkungan : Masalah lingkungan lokal yang signifikan di Kota Pekalongan, seperti abrasi pantai, banjir rob, pencemaran air, dan limbah industri batik.
- Kesadaran Lingkungan : Pemahaman siswa tentang pentingnya pelestarian lingkungan dan keinginan untuk mengambil tindakan proaktif dalam menjaga lingkungan.
- Kolaborasi Lintas Sektor : Kerja sama antara pemerintah, sekolah, masyarakat, dan dunia usaha untuk mendukung implementasi model pembelajaran berbasis isu lingkungan.
- Kurikulum Merdeka : Kurikulum nasional yang menekankan pembelajaran berbasis proyek, pengembangan karakter, dan kompetensi abad 21, seperti berpikir kritis dan kreatif.
- Learning Management System (LMS) : Sistem manajemen pembelajaran berbasis teknologi yang digunakan untuk mendukung pembelajaran daring atau hybrid.
- Model ADDIE : Kerangka kerja pengembangan instruksional yang meliputi lima tahap: Analyze (Analisis), Design (Desain), Develop (Pengembangan), Implement (Implementasi), dan Evaluate (Evaluasi).

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Model-G                             | : Model pembelajaran yang mengintegrasikan isu-isu lingkungan berbasis teknologi, seperti abrasi pantai, banjir rob, dan pencemaran limbah batik, ke dalam kurikulum. |
| Pencemaran Limbah Batik             | : Kerusakan lingkungan akibat limbah industri batik yang mencemari air dan tanah, menjadi salah satu isu penting di Kota Pekalongan.                                  |
| Pengembangan Materi                 | : Proses perancangan bahan ajar berbasis isu lingkungan yang menarik, interaktif, dan relevan dengan kebutuhan siswa.   |
| Pembelajaran Berbasis Masalah (PBL) | : Model pembelajaran yang menggunakan masalah dunia nyata sebagai pemicu pembelajaran untuk mendorong siswa berpikir kritis dan mencari solusi.                       |
| Pembelajaran Berbasis Teknologi     | : Metode pembelajaran yang memanfaatkan teknologi seperti simulasi digital, multimedia interaktif, dan aplikasi berbasis proyek untuk meningkatkan pemahaman siswa.   |
| Pembelajaran Kontekstual (CTL)      | : Pendekatan pembelajaran yang mengaitkan materi dengan kehidupan nyata siswa untuk membuat pembelajaran lebih relevan dan bermakna.                                  |
| Proyek Lingkungan                   | : Aktivitas pembelajaran berbasis proyek di mana siswa bekerja secara kolaboratif untuk menemukan solusi atas masalah lingkungan lokal.                               |
| Relevansi Lokal                     | : Tingkat keterkaitan model dan materi pembelajaran dengan kondisi lingkungan, kebutuhan, dan konteks sosial budaya di Kota Pekalongan.                               |
| Sensitivitas Lingkungan             | : Kemampuan siswa untuk mengenali, memahami, dan merespons isu-isu lingkungan secara emosional dan intelektual.   |
| Simulasi Digital                    | : Penggunaan perangkat lunak atau multimedia untuk mensimulasikan situasi atau fenomena lingkungan guna membantu siswa memahami konsep secara visual.                 |
| Uji Alfa                            | : Tahap awal validasi model pembelajaran di lingkungan terkontrol untuk memastikan desain dan konsep model sudah sesuai.  |
| Uji Beta                            | : Tahap implementasi model pembelajaran di lapangan untuk mengevaluasi efektivitas, keterterapan, dan keberterimaan model oleh siswa dan guru.                        |
| Evaluate (Evaluasi)                 | : Tahap terakhir ADDIE, di mana efektivitas dan efisiensi model dievaluasi, baik secara formatif (selama proses) maupun sumatif (setelah implementasi).               |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. LATAR BELAKANG**

Kota Pekalongan yang terletak di pesisir utara Jawa Tengah menghadapi berbagai permasalahan lingkungan, termasuk erosi pantai, gelombang pasang, dan pencemaran air. Perubahan iklim dan tindakan manusia memperburuk situasi ini. Erosi pantai di Kota Pekalongan telah mengakibatkan kerusakan yang signifikan terhadap pantai dan infrastruktur di sekitarnya. Penelitian yang dilakukan oleh (Widada et al., 2022) menunjukkan bahwa pada musim barat, akresi terbesar dengan jarak 25 meter terjadi di area sebelah barat jetty Pantai Slamaran, sementara abrasi paling signifikan mencapai 10,23 meter terdeteksi di sebelah barat tanggul pantai yang terletak di dekat jetty Sungai Banger. Sebaliknya, pada musim timur, akresi tertinggi terjadi di sebelah timur Jetty Sungai Loji dengan jarak 15,2 meter, sedangkan abrasi paling besar mencapai 13,5 meter ditemukan di area Pantai Pasir Kencana. Lokasi-lokasi yang mengalami abrasi dan menjadi jalur aliran air laut ke daratan meliputi kawasan Pantai Pasir Kencana, sebelah timur jetty Pantai Slamaran, serta daerah sekitar jetty Sungai Banger hingga Pantai Degayu

Erosi pantai juga menyebabkan terjadinya rob atau naiknya permukaan air laut yang membanjiri daratan. Rob di Kota Pekalongan lebih banyak terjadi pada musim hujan dan saat air pasang. Rob telah merusak bangunan, infrastruktur dan fasilitas (Syafitri & Rochani, 2021), dan kegiatan perekonomian di wilayah pesisir Kota Pekalongan (Utami et al., 2021). Selain itu, pencemaran air di Kota Pekalongan terutama disebabkan oleh limbah industri (Fajar et al., 2019; Khasna, 2021; Kiswanto et al., 2019; Paramnesi & Riza, 2020), limbah domestik, dan sampah (Trimanah et al., 2021; Yuniati, 2021), menyebabkan terjadinya menurunkan kualitas air dan membahayakan kesehatan masyarakat (Yuniarti & Margawati, 2019).

Salah satu penyebab utama permasalahan lingkungan hidup di Kota Pekalongan adalah kurangnya kesadaran dan kepedulian masyarakat. Hal ini terlihat dari banyaknya aktivitas yang tidak ramah lingkungan seperti membuang sampah sembarangan, pencemaran air, dan penggunaan plastik

berlebihan. Survei yang dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup Kota Pekalongan pada tahun 2022 menunjukkan bahwa 53% masyarakat masih membuang sampah sembarangan (Dinas Lingkungan Hidup Kota Pekalongan, 2023).

Pencemaran air di Kota Pekalongan sebagian besar disebabkan oleh limbah rumah tangga. Data dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Pekalongan menunjukkan bahwa 60% limbah rumah tangga di Kota Pekalongan belum diolah dengan baik. Penggunaan plastik di Kota Pekalongan masih sangat tinggi. Data dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Pekalongan menunjukkan bahwa rata-rata setiap orang di Kota Pekalongan menggunakan 10 kantong plastik per hari (Dinas Lingkungan Hidup Kota Pekalongan, 2023).

Tingkat kesadaran masyarakat terhadap lingkungan yang demikian rendah, tidak terlepas dari efektivitas pendidikan lingkungan di sekolah (Alwasi et al., 2023). Pendidikan lingkungan hidup di sekolah di Kota Pekalongan belum membantu meningkatkan kesadaran dan kepedulian siswa terhadap lingkungan hidup (Dahnial, 2020). Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain kurangnya model dan materi pembelajaran yang menarik dan efektif, serta kurangnya pelatihan guru dalam pendidikan lingkungan hidup (Kospa et al., 2020). Model dan materi pembelajaran yang digunakan di sekolah masih kurang menarik dan efektif untuk meningkatkan sensitivitas dan kepedulian siswa terhadap lingkungan, serta kurangnya pelatihan bagi guru dalam mengajar pendidikan lingkungan dengan menggunakan metode dan strategi yang efektif atau mengintegrasikan kondisi lingkungan dengan materi ajar yang diajarkan (Husin, 2019; Santika et al., 2022).

Secara keseluruhan, pendidikan memainkan peran yang sangat urgen dalam adaptasi lingkungan untuk menghadapi perubahan iklim dan masalah lingkungan lainnya (Fajriansyah et al., 2021; Supadmini et al., 2020). Pendidikan dapat membantu meningkatkan kesadaran dan kepedulian masyarakat terhadap lingkungan, serta membekali mereka dengan pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan untuk melakukan adaptasi lingkungan (Ferdyan et al., 2021; Ismail, 2021). Sementara itu, teknologi mempunyai potensi untuk meningkatkan efektivitas pendidikan lingkungan secara signifikan. Teknologi dapat dimanfaatkan untuk menciptakan model dan sumber pembelajaran yang menarik dan interaktif, serta memfasilitasi pembelajaran jarak jauh (Meyer et al., 2023; Sejati et al., 2021).

Berdasarkan konteks tersebut di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk menciptakan model dan sumber pembelajaran adaptasi lingkungan berbasis teknologi yang akan meningkatkan pemahaman dan kepekaan siswa di Kota Pekalongan.

## **B. PEMBATASAN MASALAH**

Permasalahan dalam penelitian ini dibatasi pada pengembangan model pembelajaran adaptasi lingkungan berbasis teknologi yang efektif untuk meningkatkan sensitivitas dan kepedulian pelajar di Kota Pekalongan, dengan mempertimbangkan : 1) Cakupan Geografis, penelitian ini berfokus secara khusus pada Kota Pekalongan Jawa Tengah, dan membatasi generalisasinya untuk wilayah atau kota lain yang menghadapi tantangan lingkungan serupa, 2) Waktu yang disediakan oleh pemerintah Kota Pekalongan 4 (empat) sampai dengan 6 (enam) bulan. Sehingga untuk tahap penelitian, pengembangan, implementasi, dan evaluasi, berpotensi berdampak pada kedalaman dan luasnya intervensi; 3) Ketersediaan sumber daya, kendala terkait keuangan, teknologi, dan sumber daya manusia dapat memengaruhi skala dan ruang lingkup kegiatan penelitian dan pengembangan; 4) Keterbatasan data, ketersediaan dan keandalan data terkait tantangan lingkungan, sikap siswa, dan hasil pendidikan dapat menimbulkan kendala pada proses dan temuan penelitian.

## **C. RUANG LINGKUP PENELITIAN**

Penelitian ini akan mencakup:

1. Tantangan Lingkungan: Penelitian ini terutama akan berfokus pada abrasi pantai, genangan air, dan pencemaran air sebagai tantangan lingkungan utama yang dihadapi Kota Pekalongan.
2. Target Audiens: penelitian ini akan menyoar siswa di sekolah-sekolah di Kota Pekalongan, dengan fokus pada kelompok usia atau tingkat kelas tertentu, sehingga memastikan pendekatan pembelajaran yang koheren dan sesuai usia.
3. Model Pembelajaran Berbasis Teknologi: Penelitian akan mengembangkan, menerapkan, dan mengevaluasi model pembelajaran adaptasi lingkungan berbasis teknologi,

mengintegrasikan sumber daya multimedia, platform online, dan alat interaktif untuk meningkatkan kepekaan dan kepedulian siswa terhadap lingkungan.

4. Metodologi: Untuk merancang, melaksanakan, dan mengevaluasi model pembelajaran, penelitian ini akan menggunakan teknik Research and Development (R&D) dengan model ADDIE (*Analyze, Design, Develop, Implement, dan Evaluate*) sebagai kerangka kerjanya..
5. Metrik Evaluasi: Kajian ini akan menilai keefektifan model pembelajaran ditinjau dari perubahan pengetahuan, sikap, dan perilaku siswa terhadap isu lingkungan hidup, serta keterlibatannya terhadap materi dan kegiatan pembelajaran.
6. Rekomendasi: Berdasarkan temuan yang ada, penelitian ini akan memberikan rekomendasi untuk penyempurnaan dan penskalaan lebih lanjut model dan materi pembelajaran berbasis teknologi, serta implikasinya terhadap kebijakan dan praktik pendidikan lingkungan hidup di Kota Pekalongan dan sekitarnya.

#### **D. RUMUSAN MASALAH**

Rumusan masalah dalam penelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu permasalahan umum dan khusus (spesifik)

1. **Rumusan Masalah Umum:**

Bagaimana cara mengembangkan model dan materi pembelajaran adaptasi lingkungan berbasis teknologi yang efektif untuk meningkatkan sensitivitas dan kepedulian pelajar di Kota Pekalongan?
2. **Rumusan Masalah Spesifik:**
  - a. Apa model pembelajaran adaptasi lingkungan yang paling efektif untuk meningkatkan sensitivitas dan kepedulian pelajar di Kota Pekalongan?
  - b. Bagaimana karakteristik materi pembelajaran adaptasi lingkungan berbasis teknologi yang menarik dan efektif untuk meningkatkan sensitivitas dan kepedulian pelajar di Kota Pekalongan?



- c. Bagaimana cara mengimplementasikan model dan materi pembelajaran adaptasi lingkungan berbasis teknologi di sekolah-sekolah di Kota Pekalongan?
- d. Bagaimana cara mengevaluasi efektivitas model dan materi pembelajaran adaptasi lingkungan berbasis teknologi terhadap sensitivitas dan kepedulian pelajar di Kota Pekalongan?

## **E. TUJUAN PENELITIAN**

Tujuan penelitian ini adalah:

### **1. Tujuan Umum:**

Mengembangkan model dan materi pembelajaran adaptasi lingkungan berbasis teknologi yang efektif untuk meningkatkan sensitivitas dan kepedulian pelajar di Kota Pekalongan.

### **2. Tujuan Spesifik:**

- a. Mengembangkan model pembelajaran adaptasi lingkungan yang kontekstual dengan kondisi di Kota Pekalongan.
- b. Mengembangkan materi pembelajaran adaptasi lingkungan berbasis teknologi yang menarik dan efektif untuk meningkatkan sensitivitas dan kepedulian pelajar.
- c. Menguji efektivitas model dan materi pembelajaran adaptasi lingkungan berbasis teknologi terhadap sensitivitas dan kepedulian pelajar.
- d. Mengembangkan model evaluasi pembelajaran terintegrasi isu-isu lingkungan berbasis teknologi terhadap sensitivitas dan kepedulian pelajar di Kota Pekalongan.

## **F. MANFAAT PENELITIAN**

Hasil penelitian ini dapat digunakan atau bermanfaat:

### **1. Bagi Pemerintah Daerah**

- a. Hasil penelitian ini dapat membantu pemerintah daerah dalam meningkatkan kesadaran dan kepedulian masyarakat terhadap lingkungan, khususnya di Kota Pekalongan.

- b. Model dan materi pembelajaran yang dihasilkan dari penelitian ini dapat digunakan untuk mendukung program edukasi dan pelestarian lingkungan yang dijalankan oleh pemerintah daerah.
- c. Penelitian ini dapat membantu pemerintah daerah dalam meningkatkan kualitas pendidikan di Kota Pekalongan.

## **2. Bagi Dinas Pendidikan**

- a. Dinas Pendidikan dapat menggunakan model dan materi pembelajaran yang dihasilkan dari penelitian ini untuk meningkatkan kualitas pembelajaran di sekolah-sekolah di Kota Pekalongan.
- b. Model dan materi pembelajaran yang dihasilkan dari penelitian ini dapat membantu guru dalam mengajar materi-materi pembelajaran yang mengadaptasi lingkungan dan berbasis teknologi dengan lebih efektif.
- c. Penelitian ini dapat membantu Dinas Pendidikan dalam meningkatkan prestasi belajar siswa di Kota Pekalongan yang komprehensif dan holistik.

## **3. Bagi Sekolah**

- a. Sekolah dapat menggunakan model dan materi pembelajaran yang dihasilkan dari penelitian ini untuk meningkatkan kualitas pembelajaran di sekolah-sekolah di Kota Pekalongan.
- b. Model dan materi pembelajaran yang dihasilkan dari penelitian ini dapat membantu siswa dalam belajar dengan lebih menarik dan menyenangkan berdasarkan situasi real kehidupan mereka.

- c. Penelitian ini dapat membantu sekolah dalam meningkatkan kepedulian siswa terhadap lingkungan.

#### **4. Bagi Masyarakat**

- a. Hasil penelitian ini dapat membantu masyarakat dalam meningkatkan kesadaran dan partisipasi dalam menjaga lingkungan.
- b. Penelitian ini dapat membantu masyarakat dalam meningkatkan kualitas hidup mereka dengan menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan berkelanjutan.

#### **5. Bagi Siswa**

- a. Model dan materi pembelajaran yang dihasilkan dari penelitian ini dapat membantu siswa dalam meningkatkan sensitivitas dan kepedulian terhadap lingkungan.
- b. Penelitian ini dapat membantu siswa dalam meningkatkan pengetahuan dan pemahaman tentang lingkungan.
- c. Penelitian ini dapat membantu siswa dalam mengembangkan keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kerja sama.

#### **6. Bagi Pemerhati Pendidikan**

- a. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi para peneliti lain yang ingin melakukan penelitian tentang adaptasi lingkungan dalam pembelajaran berbasis teknologi.
- b. Penelitian ini dapat membantu para pemerhati pendidikan dalam meningkatkan kualitas pendidikan di Kota Pekalongan.

### **G. URGENSI PENELITIAN**

Kota Pekalongan menghadapi sejumlah tantangan lingkungan yang signifikan, seperti abrasi pantai, rob, dan pencemaran air. Permasalahan ini

semakin diperburuk oleh perubahan iklim dan aktivitas manusia yang tidak bertanggung jawab terhadap lingkungan. Abrasi pantai, misalnya, menyebabkan hilangnya lahan pesisir yang merusak ekosistem serta infrastruktur di sekitar pantai. Rob yang sering terjadi juga berdampak pada kenyamanan dan kesehatan masyarakat. Mengingat tingginya risiko dan dampak dari permasalahan lingkungan tersebut, penelitian ini mendesak untuk dilakukan guna mengembangkan model pembelajaran yang dapat meningkatkan kesadaran dan kepedulian lingkungan di kalangan generasi muda, khususnya siswa sekolah.

Kesadaran dan kepedulian terhadap lingkungan di Kota Pekalongan masih tergolong rendah, terbukti dari berbagai aktivitas yang merusak lingkungan, seperti pembuangan sampah sembarangan dan penggunaan plastik yang berlebihan. Minimnya pendidikan lingkungan di sekolah-sekolah menjadi salah satu faktor yang menyebabkan rendahnya tingkat kesadaran ini. Banyak sekolah yang belum mengintegrasikan materi dan model pembelajaran yang relevan dengan kondisi lingkungan setempat. Oleh karena itu, penelitian ini mendesak untuk menghasilkan model pembelajaran yang dapat memperkenalkan konsep-konsep adaptasi lingkungan secara kontekstual, berbasis pada tantangan lingkungan di Kota Pekalongan, sehingga mampu menumbuhkan sikap pro-lingkungan pada siswa.

Pentingnya adaptasi lingkungan sebagai respons terhadap perubahan iklim dan permasalahan lingkungan semakin meningkat. Adaptasi lingkungan bukan hanya tanggung jawab pemerintah, tetapi juga masyarakat, termasuk generasi muda. Penelitian ini bertujuan untuk membekali siswa dengan pengetahuan dan keterampilan yang relevan sehingga mereka mampu beradaptasi dengan perubahan lingkungan dan turut serta menjaga kelestarian ekosistem. Dengan model pembelajaran yang berbasis teknologi, siswa dapat lebih memahami isu-isu lingkungan secara interaktif dan terlibat langsung dalam menemukan solusi. Model pembelajaran ini akan membantu siswa merasakan dampak nyata dari permasalahan lingkungan dan memberikan bekal untuk menjadi individu yang bertanggung jawab terhadap lingkungan.

Teknologi memiliki potensi besar untuk memperkaya pendidikan lingkungan melalui materi yang interaktif, menarik, dan berbasis data real-time. Dengan memanfaatkan teknologi, model pembelajaran dapat

dirancang untuk memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna, yang akan meningkatkan pemahaman siswa tentang kompleksitas masalah lingkungan. Teknologi memungkinkan siswa berpartisipasi dalam simulasi, studi kasus, dan proyek yang relevan dengan kondisi lokal, sehingga mereka tidak hanya memahami teori tetapi juga melihat langsung bagaimana perubahan lingkungan dapat berdampak pada kehidupan mereka sehari-hari. Oleh karena itu, penelitian ini mendesak untuk dilakukan guna mengembangkan materi dan model pembelajaran adaptasi lingkungan yang berbasis teknologi.

Pendidikan lingkungan di sekolah memainkan peran penting dalam menciptakan generasi yang sadar akan pentingnya pelestarian alam. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat dihasilkan model dan materi pembelajaran yang sesuai dengan konteks lokal Pekalongan, yang menjadi model bagi kota-kota lain di Indonesia dengan permasalahan serupa. Dengan demikian, penelitian ini berupaya memberikan kontribusi nyata dalam mengubah perilaku masyarakat melalui pendidikan berbasis sekolah yang lebih efektif. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat mendukung kebijakan pemerintah daerah dalam pelestarian lingkungan dan program-program pengelolaan lingkungan yang berbasis masyarakat.

Penelitian ini memiliki potensi untuk menciptakan perubahan jangka panjang dengan menghasilkan siswa-siswa yang lebih peduli dan terampil dalam menghadapi tantangan lingkungan. Generasi muda yang mendapatkan pemahaman dan keterampilan terkait adaptasi lingkungan akan tumbuh menjadi agen perubahan yang dapat memperbaiki perilaku masyarakat terhadap lingkungan. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi dasar bagi penelitian-penelitian lanjutan, yang akan terus mengembangkan metode-metode pendidikan berbasis lingkungan yang relevan dan efektif untuk kondisi Indonesia. Dengan urgensi yang kuat ini, penelitian diharapkan mampu memberikan dampak signifikan bagi Kota Pekalongan dan kota-kota lain di Indonesia.

## H. KERANGKA PIKIR

Kerangka pikir penelitian ini dimulai dengan analisis situasi, yang bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan utama lingkungan di Kota Pekalongan. Permasalahan seperti abrasi pantai, banjir rob, dan pencemaran air menjadi tantangan besar yang memengaruhi kehidupan masyarakat. Selain itu, rendahnya kesadaran dan kepedulian masyarakat terhadap lingkungan terlihat dari perilaku yang tidak ramah lingkungan. Di sisi lain, pendidikan lingkungan di sekolah masih belum optimal, yang disebabkan oleh kurangnya model dan materi pembelajaran yang menarik dan efektif. Ketiga aspek ini menjadi dasar yang menggarisbawahi pentingnya pengembangan model pembelajaran yang mampu meningkatkan pemahaman dan kesadaran siswa terhadap isu-isu lingkungan lokal.

Selanjutnya, tinjauan pustaka menjadi landasan teoritis penelitian ini. Tinjauan mencakup pembahasan berbagai model pembelajaran yang relevan untuk adaptasi lingkungan, seperti model pembelajaran berbasis proyek (PjBL), berbasis masalah (PBL), dan pembelajaran kontekstual (CTL), yang berfokus pada keterlibatan aktif siswa. Selain itu, penelitian ini mengulas berbagai materi pembelajaran adaptasi lingkungan, termasuk modul, simulasi, game, video, dan media interaktif lainnya. Teknologi dalam pembelajaran, seperti penggunaan multimedia, game edukasi, dan platform pembelajaran daring, juga menjadi fokus untuk menciptakan pengalaman belajar yang menarik dan efektif bagi siswa.

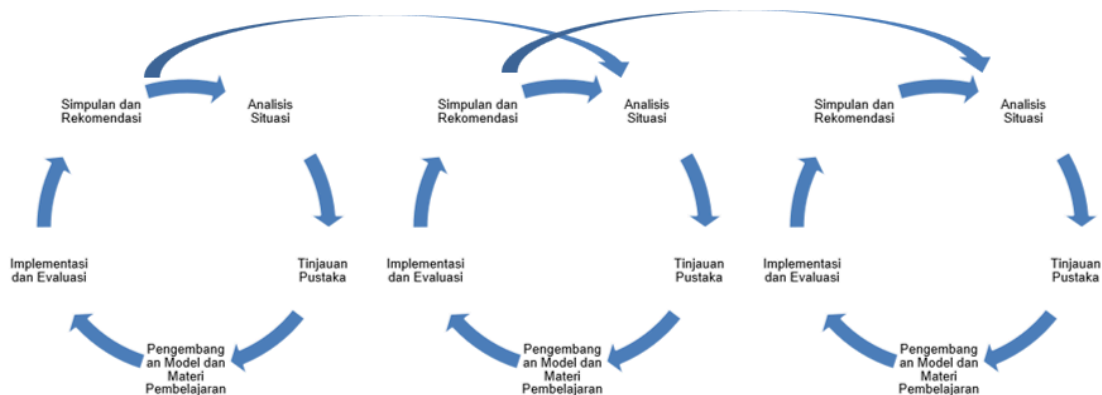
Tahap pengembangan model dan materi pembelajaran dilakukan dengan menyesuaikan model pembelajaran yang diadaptasi dengan kebutuhan dan kondisi lokal di Kota Pekalongan. Pengembangan ini memperhatikan jenjang pendidikan, yaitu SD, SMP, dan SMA, sehingga model yang dihasilkan sesuai dengan tingkat perkembangan siswa. Selain itu, materi pembelajaran dirancang agar menarik dan efektif, menggunakan teknologi seperti simulasi digital dan aplikasi interaktif untuk membantu siswa memahami konsep-konsep lingkungan yang kompleks.

Tahap implementasi dan evaluasi menjadi langkah penting untuk menguji efektivitas model dan materi pembelajaran. Implementasi dilakukan di sekolah-sekolah sampel di Kota Pekalongan, di mana model dan materi pembelajaran yang telah dikembangkan diterapkan dalam kegiatan belajar mengajar. Evaluasi dilakukan dengan mengukur perubahan sensitivitas dan

kepedulian siswa terhadap isu lingkungan melalui tes, angket, dan observasi. Hasil evaluasi ini menjadi dasar untuk menilai keberhasilan model dalam mencapai tujuan pembelajaran adaptasi lingkungan.

Penelitian ini diakhiri dengan kesimpulan dan rekomendasi. Kesimpulan dirumuskan berdasarkan analisis data, yang mencakup keberhasilan model dan materi pembelajaran dalam meningkatkan pemahaman dan kesadaran lingkungan siswa. Berdasarkan temuan penelitian, rekomendasi disampaikan untuk pengembangan model dan materi pembelajaran adaptasi lingkungan yang lebih baik di masa depan. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi yang signifikan bagi pendidikan lingkungan di Kota Pekalongan, serta menjadi model yang dapat diterapkan di daerah lain dengan tantangan lingkungan serupa

Kerangka pikir penelitian ini dapat digambarkan sebagai berikut:



**Gambar 1.1 Kerangka Pikir Penelitian Siklikal**

Penelitian ini fokus pada pengembangan model pembelajaran adaptasi lingkungan berbasis teknologi di Kota Pekalongan, kerangka berpikir ini membantu memandu analisis sistematis, desain, implementasi, dan evaluasi model pembelajaran. Kerangka pikir ini akan dipandu oleh asumsi-asumsi yang mendasarinya seperti:

### 1. Sistem Berpikir

Memahami tantangan lingkungan sebagai sistem yang saling berhubungan dengan berbagai komponen yang saling terkait (misalnya ekosistem pesisir, aktivitas manusia, faktor sosio-ekonomi). Pertimbangkan konteks ekologi yang lebih luas dan potensi dampak strategi adaptasi

lingkungan terhadap berbagai pemangku kepentingan dan dinamika ekosistem.

## **2. Perspektif Keberlanjutan**

Menekankan keberlanjutan dan ketahanan jangka panjang dalam mengatasi tantangan lingkungan, dengan mempertimbangkan kebutuhan generasi sekarang dan masa depan. Mengevaluasi implikasi lingkungan, sosial, dan ekonomi dari strategi adaptasi untuk memastikan solusi yang holistik dan adil.

## **3. Pendekatan Interdisipliner**

Penelitian ini mengintegrasikan wawasan dari berbagai disiplin ilmu seperti ilmu lingkungan, pendidikan, teknologi, dan ilmu sosial untuk menginformasikan pengembangan dan penerapan model pembelajaran. Mendorong kolaborasi dan pertukaran pengetahuan di antara beragam pemangku kepentingan, termasuk pendidik, peneliti, pembuat kebijakan, dan anggota masyarakat.

## **4. Desain yang Berpusat pada Manusia**

Mengutamakan kebutuhan, kesukaan, dan pengalaman peserta didik dan pendidik dalam merancang model pembelajaran berbasis teknologi. Menggabungkan umpan balik pengguna dan proses desain berulang untuk memastikan model menarik, dapat diakses, dan relevan dengan konteks lokal Kota Pekalongan.

## **5. Inovasi dan Kreativitas**

Mendorong pendekatan inovatif dan solusi kreatif untuk mengatasi tantangan lingkungan dan melibatkan siswa dalam pengalaman pembelajaran yang bermakna. Menumbuhkan budaya eksperimen dan perbaikan berkelanjutan, yang memungkinkan adanya fleksibilitas dan adaptasi dalam menanggapi kebutuhan dan peluang yang muncul.

## **6. Pertimbangan Etis**

Menjunjung tinggi prinsip dan nilai etika dalam penelitian dan praktik, termasuk penghormatan terhadap keanekaragaman hayati, keanekaragaman budaya, dan hak asasi manusia. Memastikan transparansi, integritas, dan akuntabilitas dalam proses pengambilan keputusan dan interaksi dengan pemangku kepentingan.



## **7. Praktek Berbasis Bukti**

Dasarkan keputusan dan tindakan pada bukti empiris dan praktik terbaik yang diperoleh dari penelitian, evaluasi, dan pengalaman praktis. Mengumpulkan dan menganalisis data secara sistematis untuk menilai efektivitas model pembelajaran dan menginformasikan pengambilan keputusan berbasis bukti.

## **8. Keterlibatan dan Pemberdayaan Komunitas**

Menumbuhkan keterlibatan yang bermakna dengan komunitas lokal di Kota Pekalongan, termasuk siswa, pendidik, orang tua, dan tokoh masyarakat. Memberdayakan pemangku kepentingan untuk berpartisipasi aktif dalam penciptaan bersama, implementasi, dan evaluasi model pembelajaran, menumbuhkan rasa kepemilikan dan keberlanjutan.

Berdasarkan kerangka pikir dan asumsi-asumsi tersebut, peneliti meyakini dapat melakukan pendekatan terhadap pengembangan dan implementasi model pembelajaran terintegrasi isu-isu lingkungan berbasis teknologi di Kota Pekalongan dengan perspektif yang komprehensif dan strategis, sehingga hasil dapat memaksimalkan dampak dan mendorong perubahan positif menuju kelestarian lingkungan di Kota Pekalongan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **A. TINJAUAN PUSTAKA**

Beberapa penelitian telah dilakukan tentang pengembangan model dan materi pembelajaran adaptasi lingkungan, seperti penelitian yang dilakukan oleh (Ningrum & Saputra, 2020) untuk menghasilkan bahan ajar geografi yang mengintegrasikan dimensi kognitif, afektif, perilaku, dan mampu membentuk karakter siswa yang terkait dengan nilai peduli lingkungan serta untuk mengukur kelayakan dan keefektifan bahan ajar geografi untuk pembelajaran ditinjau dari hasil belajar. Peneliti lainnya (Haryadi, 2022) melakukan penelitian dengan tujuan untuk mendapatkan gambaran yang objektif tentang peningkatan hasil belajar IPA materi adaptasi makhluk hidup terhadap lingkungan melalui model Group Investigation pada siswa kelas VI semester I tahun pelajaran 2019/2020 di SD Negeri 1 Ngrayung Kecamatan Gandusari Kabupaten Trenggalek.

Penelitian (Putra et al., 2022) yang dilakukan untuk mengembangkan LKPD berorientasi pendekatan kontekstual pada materi adaptasi makhluk hidup terhadap lingkungannya kelas VI dan mendeskripsikan kelayakan serta tanggapan pengguna (guru dan siswa). Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan LKPD berorientasi pendekatan kontekstual layak dan positif untuk digunakan sebagai bahan ajar di kelas VI SD. Penelitian serupa juga dilakukan oleh (Wardhani et al., 2022) dengan tujuan untuk mengembangkan e-module Adiwiyata berbasis Remap CIRC yang valid dan praktis. Jenis penelitian dan pengembangan model Lee dan Owens. Subjek uji coba siswa kelas XI IPA yang telah menempuh mata pelajaran Biologi. Instrumen penelitian adalah lembar validasi ahli materi, media bahan ajar, praktisi pendidikan biologi, dan lembar angket respons. Persentase hasil validasi ahli materi adalah 100%, validasi ahli media bahan ajar adalah 94% dan validasi praktisi pendidikan biologi adalah 100%. Hasil presentase uji coba perorangan sebesar 98%, kelompok kecil sebesar 94%, dan lapangan sebesar 96%, sehingga disimpulkan e-module Adiwiyata valid dan praktis digunakan sebagai bahan ajar pendukung Adiwiyata.

Penelitian (Setiawati et al., 2021) bertujuan untuk melakukan analisis keinginan mahasiswa dalam proses pembelajaran akuntansi secara daring atau e-learning selama masa pandemi Covid-19, dengan mengadaptasi model Technology Acceptance Model (TAM). Pengujian model TAM selama pandemi di Indonesia diharapkan dapat mengungkap faktor penentu perilaku penggunaan pembelajaran akuntansi yang perlu penguasaan knowledge, skill dan attitude secara komprehensif, sebagai imbas selama pandemi. Populasi penelitian adalah mahasiswa akuntansi di Jawa Tengah, yang diberikan kuisioner secara online. Sample sebanyak 766 data yang dianalisis dengan Struktur Equation Model (SEM) menggunakan WrapPLS. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *Perceived Ease of Use*, *Perceived Usefulness* berpengaruh signifikan terhadap *E-learning Actual Usage* yang dimediasikan dengan variable *Behaviour Intention*. Hasil ini semakin memperkuat model TAM dalam konteks masa pandemi Covid-19.

Berdasarkan review terhadap publikasi ilmiah tersebut di atas, ditemukan beberapa kelemahan/gap kaitannya dengan pengembangan model dan materi pembelajaran adaptasi lingkungan, yaitu: *Pertama*, kurangnya Keterlibatan Stakeholder. Penelitian sebelumnya kurang melibatkan para pemangku kepentingan (stakeholder) terkait, seperti guru, siswa, orang tua, atau pihak terkait lainnya. Kurangnya partisipasi mereka dalam proses pengembangan dapat mengakibatkan kurangnya relevansi dan penerimaan terhadap model dan materi pembelajaran yang dikembangkan.

*Kedua*, model dan materi pembelajaran yang dikembangkan belum sepenuhnya sesuai dengan konteks lokal di Kota Pekalongan, seperti karakteristik lingkungan, budaya, atau masalah-masalah lingkungan yang khas di wilayah tersebut. Hal ini dapat mengurangi efektivitas dan keberlanjutan implementasi pembelajaran. *Ketiga*, kurangnya pendekatan berbasis bukti. Beberapa penelitian sebelumnya kurang memperhatikan pendekatan berbasis bukti (*evidence-based approach*) dalam pengembangan model dan materi pembelajaran. Kurangnya pemahaman tentang kebutuhan dan preferensi pembelajaran siswa serta kurangnya analisis terhadap efektivitas metode pembelajaran yang digunakan dapat mengurangi kualitas hasil penelitian.

*Keempat*, beberapa penelitian sebelumnya memiliki keterbatasan dalam metode penelitian yang digunakan, seperti ukuran sampel yang kecil, desain

penelitian yang tidak memadai, atau kurangnya kontrol terhadap faktor-faktor eksternal yang dapat memengaruhi hasil penelitian. *Kelima*, kurangnya evaluasi dan pembaruan. Setelah implementasi, beberapa penelitian sebelumnya kurang memperhatikan evaluasi terhadap efektivitas model dan materi pembelajaran yang dikembangkan serta kurangnya upaya untuk memperbarui dan meningkatkan model dan materi pembelajaran berdasarkan hasil evaluasi tersebut.

Selain keterbatasan/kelemahan penelitian terdahulu, belum ada penelitian yang secara khusus mengkaji *Integrative Learning for Environmental Adaptation* (ILEA) sebagai model pembelajaran. Namun demikian, konsep pengintegrasian berbagai model pembelajaran untuk tujuan tertentu telah menjadi fokus penelitian dalam bidang pendidikan. Penelitian-penelitian yang mempelajari integrasi model pembelajaran seringkali berfokus pada evaluasi efektivitas penggunaan model-model pembelajaran tertentu secara terpisah atau dalam kombinasi. Seperti penelitian yang dilakukan oleh (Ahmed et al., 2022) dengan judul "*Effectiveness of Demonstration-Brainstorming on Student's Performance in Agricultural Science*". Penelitian ini menguji dampak komparatif metode demonstrasi dan brainstorming terhadap kinerja siswa dalam ilmu pertanian di Negara Bagian Zamfara, Nigeria.

Penelitian yang dilakukan oleh (Putrianingtyas et al., 2022) dengan judul "*Development of Website-based Virtual Science Learning to Train Students' Critical Thinking Skills*". Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem e-learning bernama VISEL (*Virtual Science Learning*) berbasis website yang dapat digunakan untuk melatih kemampuan berpikir kritis siswa. Prosedur pengembangan dilakukan dengan mengacu pada pengembangan model 4D. Penelitian yang dilakukan oleh (Fahrisa & Parmin, 2022) dengan judul "*Creative Problem Solving (CPS) Learning to Improve Ability an Student's Critical and Creative Thinking on Science Materials*". Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penggunaan model pembelajaran CPS (Creative Problem Solving) untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif siswa.

## **B. LANDASAN TEORI**

Berdasarkan permasalahan dan tujuan penelitian mengenai pengembangan model dan materi pembelajaran adaptasi lingkungan berbasis teknologi yang efektif untuk meningkatkan kepekaan dan kesadaran siswa di Kota Pekalongan, penelitian ini menerapkan beberapa teori dan kerangka kerja. Berikut adalah beberapa teori yang digunakan dalam konteks pendidikan lingkungan dan desain pembelajaran yang relevan.

### **1. Teori Pendidikan Lingkungan**

Teori pendidikan lingkungan mencakup teori sistem ekologi, teori pembelajaran sosial, dan teori pembelajaran eksperiensial.

#### **a. Teori sistem ekologi**

Teori sistem ekologi adalah pendekatan yang menekankan pentingnya memahami hubungan kompleks antara manusia dan lingkungan alam mereka. Teori ini menyoroti bahwa manusia bukanlah entitas terpisah dari lingkungan, melainkan bagian integral dari sistem ekologis yang lebih luas. Dalam konteks ini, individu, komunitas, dan ekosistem saling berinteraksi dan saling memengaruhi (Frantiska, 2018).

Salah satu aspek utama dari teori sistem ekologi adalah pemahaman bahwa setiap elemen dalam lingkungan saling terkait dan bergantung satu sama lain. Misalnya, perubahan dalam populasi suatu spesies dapat memengaruhi ketersediaan sumber daya bagi spesies lainnya dalam ekosistem yang sama. Begitu pula, aktivitas manusia seperti urbanisasi, pertanian intensif, atau penggunaan sumber daya alam dapat memiliki dampak yang luas pada ekosistem, termasuk perubahan dalam keseimbangan ekologis dan keragaman hayati (Hollar, 2012).

Teori sistem ekologi juga menekankan pentingnya mempertimbangkan skala waktu dan ruang yang luas dalam memahami interaksi antara manusia dan lingkungannya. Proses ekologis dapat terjadi dalam skala waktu yang bervariasi, dari perubahan jangka pendek seperti fluktuasi populasi hingga perubahan jangka panjang seperti perubahan iklim global (Ma et al., 2020). Selain itu, hubungan antara manusia dan lingkungan

dapat bervariasi secara signifikan tergantung pada lokasi geografisnya, kondisi topografi, dan faktor-faktor lainnya.

Penerapan teori sistem ekologi dalam praktiknya sering melibatkan pendekatan interdisipliner yang mencakup ilmu ekologi, ilmu sosial, ilmu politik, dan ilmu lainnya (Tanybayeva et al., 2020). Dengan memahami kompleksitas hubungan antara manusia dan lingkungan, teori ini dapat membantu dalam merancang kebijakan dan praktik yang lebih berkelanjutan dan memperhatikan keberlanjutan ekologis jangka panjang. Hal ini penting untuk memastikan bahwa manusia dapat terus berinteraksi dengan lingkungan alam mereka secara berkelanjutan, tanpa merusak kemampuan ekosistem untuk mendukung kehidupan.

#### **b. Teori pembelajaran sosial**

Teori Pembelajaran Sosial yang dikembangkan oleh (Bandura, 1977) menekankan peran penting observasi, peniruan, dan pemodelan perilaku dalam proses belajar individu. Dalam konteks pendidikan lingkungan hidup, teori ini memaparkan bahwa siswa dapat memperoleh pengetahuan dan perilaku yang berkelanjutan terkait lingkungan hidup melalui interaksi dengan orang lain di sekitar mereka, termasuk teman sebaya, guru, dan anggota masyarakat.

Salah satu konsep utama dalam teori pembelajaran sosial adalah konsep pemodelan. Pembaruan ini menunjukkan bahwa individu cenderung meniru perilaku yang mereka amati dari orang lain, terutama jika perilaku tersebut dianggap relevan atau dihargai dalam konteks sosial mereka. Dalam konteks pendidikan lingkungan hidup, siswa dapat belajar tentang pentingnya konservasi sumber daya alam, daur ulang, atau tindakan lainnya untuk melindungi lingkungan dengan melihat contoh-contoh positif dari teman sebaya yang peduli lingkungan, guru yang memberikan teladan, atau anggota masyarakat yang berperan aktif dalam pelestarian lingkungan (Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2017)

Selain itu, teori pembelajaran sosial juga menyoroti pentingnya interaksi sosial dalam proses belajar. Diskusi,

kolaborasi, dan interaksi dengan orang lain dapat membantu siswa untuk memperdalam pemahaman mereka tentang isu-isu lingkungan hidup, mempertimbangkan sudut pandang yang berbeda, dan mengembangkan keterampilan sosial yang diperlukan untuk berpartisipasi dalam upaya pelestarian lingkungan.

Penerapan Teori Pembelajaran Sosial dalam pendidikan lingkungan hidup dapat melibatkan strategi pembelajaran kolaboratif, penggunaan model peran yang kuat, dan penciptaan lingkungan belajar yang mendukung interaksi sosial dan pengamatan langsung tentang perilaku lingkungan hidup yang diinginkan. Melalui pendekatan ini, siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan tentang isu-isu lingkungan hidup, tetapi juga membangun komitmen dan keterampilan yang diperlukan untuk menjadi warga yang peduli dan bertanggung jawab terhadap lingkungan mereka (Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2017), lihat juga (Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2020).

### **c. Teori pembelajaran eksperiensial**

Teori Pembelajaran eksperiensial yang diusulkan oleh David Kolb menawarkan kerangka kerja yang kuat untuk memahami bagaimana individu belajar melalui pengalaman langsung (Kolb, 2015). Menurut teori ini, pembelajaran terjadi melalui siklus yang melibatkan empat tahap utama: pengalaman konkret, observasi reflektif, konseptualisasi abstrak, dan eksperimen aktif (Argyris, 2007). Pada konteks pendidikan lingkungan hidup, pendekatan ini menekankan pentingnya kegiatan pembelajaran berbasis pengalaman untuk meningkatkan pemahaman dan apresiasi siswa terhadap konsep lingkungan. Tahapan pembelajaran dengan experiential learning yaitu:

*Pertama*, pengalaman konkret adalah tahap di mana siswa terlibat secara langsung dalam pengalaman nyata, seperti kunjungan lapangan ke habitat alami, proyek langsung seperti penanaman pohon, atau simulasi lingkungan. Melalui pengalaman ini, siswa memiliki kesempatan untuk berinteraksi langsung dengan

lingkungan alam dan mengamati fenomena lingkungan secara langsung.

*Kedua*, observasi reflektif melibatkan siswa dalam merefleksikan pengalaman yang mereka alami. Mereka dapat mempertimbangkan apa yang telah mereka amati, bagaimana hal itu memengaruhi pemikiran dan perasaan mereka, serta apa yang mereka pelajari dari pengalaman tersebut. *Ketiga*, konseptualisasi abstrak melibatkan siswa dalam menggambarkan pemahaman mereka tentang pengalaman melalui pemikiran konseptual atau pembahasan. Mereka mungkin mulai mengaitkan pengalaman konkrit mereka dengan konsep teoritis yang mereka pelajari di kelas atau dari literatur lingkungan hidup. *Keempat*, eksperimen aktif melibatkan siswa dalam mengaplikasikan pemahaman dan konsep yang mereka pelajari melalui pengalaman konkret ke situasi baru atau dalam konteks praktis. Mereka dapat melakukan tindakan nyata untuk melindungi lingkungan, seperti mengorganisir kegiatan daur ulang di sekolah mereka atau berpartisipasi dalam proyek konservasi lingkungan.

Penerapan teori pembelajaran eksperiensial dalam pendidikan lingkungan hidup dapat dilakukan melalui berbagai kegiatan, seperti kunjungan lapangan, proyek praktis, simulasi, dan diskusi reflektif. Melalui pendekatan ini, siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan tentang lingkungan, tetapi juga mengembangkan keterampilan praktis dan kognitif yang diperlukan untuk berperan aktif dalam memecahkan masalah lingkungan dan mendorong perubahan positif dalam perilaku mereka terhadap lingkungan.

## **2. Teori Pengembangan Kurikulum**

Teori pengembangan kurikulum adalah kerangka kerja konseptual yang memberikan arahan bagi proses perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi kurikulum dalam konteks pendidikan. Teori ini mencakup berbagai pendekatan dan pandangan tentang bagaimana kurikulum dirancang, dikembangkan, dan diterapkan untuk memenuhi tujuan pendidikan yang diinginkan (Luke et al., 2013).

Pengembangan kurikulum melibatkan langkah-langkah seperti identifikasi kebutuhan pendidikan, penentuan tujuan pembelajaran,

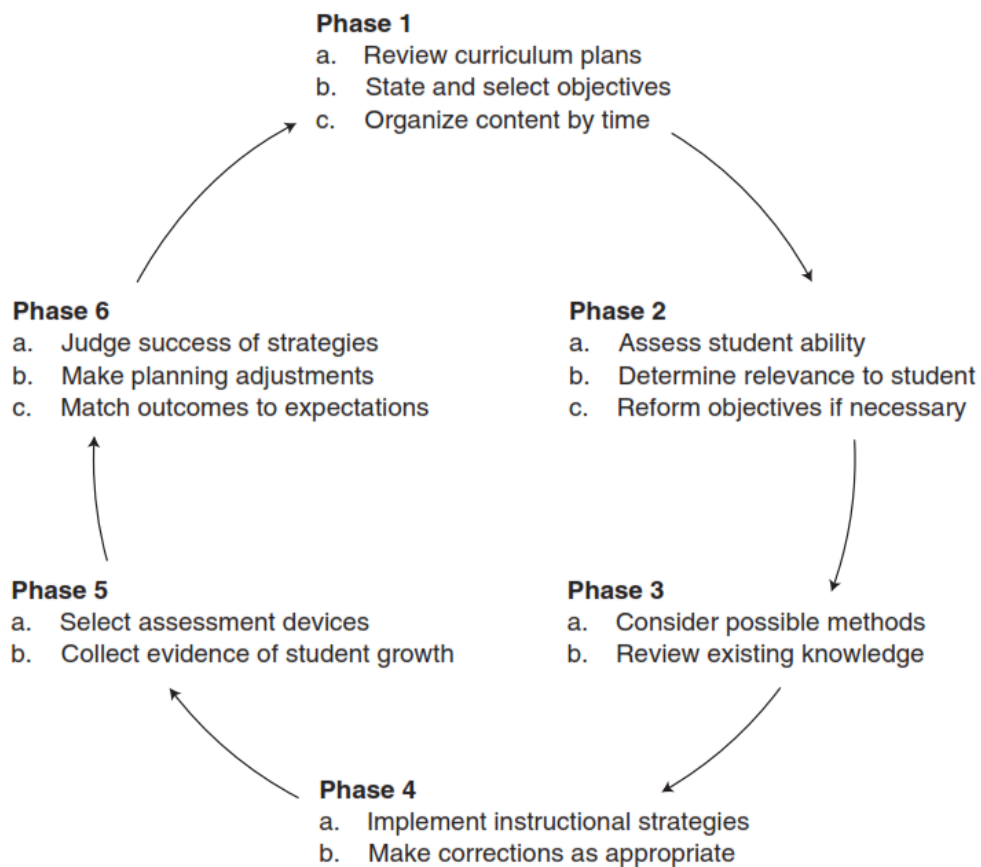


seleksi dan pengorganisasian materi pembelajaran, pengembangan metode pengajaran, dan penilaian hasil pembelajaran (Wiles & Bondi, 2015)

- a. *Identifikasi Tujuan Pembelajaran:* Siklus perencanaan pembelajaran dimulai dengan mengidentifikasi tujuan pembelajaran yang jelas dan terukur. Tujuan-tujuan ini menentukan apa yang siswa harus ketahui, pahami, dan mampu lakukan sebagai hasil dari kegiatan pembelajaran. Tujuan pembelajaran berfungsi sebagai landasan untuk merancang pengalaman pembelajaran yang fokus dan terarah.
- b. *Penilaian Kebutuhan Siswa:* Pada tahap ini, pendidik menilai kebutuhan, minat, dan pengetahuan awal siswa. Memahami titik awal siswa dan preferensi belajar menginformasikan pengembangan strategi dan materi pengajaran yang responsif terhadap beragam kebutuhan mereka.
- c. *Pemilihan Strategi Pembelajaran:* Berdasarkan tujuan pembelajaran dan kebutuhan siswa yang teridentifikasi, pendidik memilih strategi dan metode pengajaran yang tepat, termasuk pengajaran langsung, pembelajaran berbasis inkuiri, pembelajaran kooperatif, pembelajaran berbasis proyek, atau kombinasi pendekatan. Pemilihan strategi pengajaran dipandu oleh praktik berbasis penelitian dan prinsip-prinsip pengajaran yang efektif.
- d. *Desain Bahan Ajar dan Kegiatan:* Pada tahap ini pendidik merancang bahan ajar, sumber daya, dan kegiatan yang mendukung tercapainya tujuan pembelajaran, seperti pembuatan rencana pembelajaran, mengembangkan modul ajar, merancang lembar kerja, mengembangkan presentasi multimedia, atau memilih sumber belajar yang relevan. Materi dan aktivitas pengajaran harus menarik, relevan, dan selaras dengan tujuan pembelajaran dan strategi pengajaran.
- e. *Implementasi Kegiatan Instruksional:* Setelah bahan dan kegiatan instruksional dikembangkan, dilanjutkan dengan implementasi di kelas atau lingkungan belajar. Pendidik menyampaikan pengajaran, memfasilitasi kegiatan pembelajaran, dan memberikan dukungan kepada siswa saat mereka terlibat dengan konten. Selama

implementasi, pendidik memantau kemajuan siswa, memberikan umpan balik, dan melakukan penyesuaian pengajaran sesuai kebutuhan.

- f. *Penilaian Pembelajaran Siswa*: Sepanjang proses pengajaran, penilaian berkelanjutan dilakukan untuk memantau pembelajaran siswa dan kemajuan menuju tujuan pembelajaran. Metode penilaian dapat mencakup penilaian formatif, kuis, proyek, presentasi, atau observasi. Data penilaian memberikan informasi dalam pengambilan keputusan pembelajaran dan membantu pendidik mengidentifikasi bidang-bidang yang mungkin memerlukan dukungan atau pengayaan tambahan.
- g. *Refleksi dan Revisi*: Tahap akhir dari siklus perencanaan pembelajaran melibatkan refleksi terhadap efektivitas kegiatan pembelajaran dan hasil belajar siswa. Pendidik merenungkan apa yang sudah berjalan dengan baik, apa yang bisa ditingkatkan, dan penyesuaian apa yang perlu dilakukan untuk pengajaran di masa depan. Berdasarkan refleksi ini, bahan ajar, strategi, kegiatan direvisi dan disempurnakan agar lebih memenuhi kebutuhan siswa



**Gambar 1.2 Siklus Perencanaan Instruksional (Wiles & Bondi, 2015)**

### 3. Teori Model Pembelajaran

Untuk pengembangan model dan materi pembelajaran adaptasi lingkungan berbasis teknologi di Kota Pekalongan, beberapa model pembelajaran yang cocok adalah:

- a. Pembelajaran Berbasis Proyek (*Project-Based Learning*): Model ini memungkinkan siswa untuk belajar melalui eksplorasi dan proyek yang berorientasi pada solusi (Wurdinger, 2016), lihat juga (Larmer et al., 2015; Stanley, 2021). Pada konteks pengembangan adaptasi lingkungan, siswa diminta untuk merancang dan mengimplementasikan solusi teknologi untuk masalah lingkungan yang spesifik di Kota Pekalongan, seperti pengelolaan limbah atau konservasi air.

Model ini sesuai untuk siswa Sekolah Dasar (SD), karena model ini memungkinkan siswa untuk belajar melalui eksplorasi dan proyek yang berorientasi pada solusi. Dalam konteks pengembangan adaptasi lingkungan berbasis teknologi di Kota Pekalongan, siswa SD terlibat dalam proyek-proyek sederhana yang memungkinkan mereka untuk merancang dan mengimplementasikan solusi teknologi yang sederhana dan praktis untuk masalah lingkungan yang spesifik di wilayah mereka. Proyek-proyek tersebut dapat disesuaikan dengan tingkat pemahaman dan kemampuan siswa SD, serta memungkinkan mereka untuk belajar sambil bermain dan bereksperimen.

Selain itu, model ini juga cocok diterapkan pada siswa SMA. Siswa SMA memiliki kemampuan kognitif dan keterampilan yang lebih matang, sehingga mereka dapat mengambil peran yang lebih aktif dalam merancang dan melaksanakan proyek-proyek yang lebih kompleks. Dalam konteks pengembangan adaptasi lingkungan berbasis teknologi di Kota Pekalongan, siswa SMA akan terlibat dalam proyek-proyek yang menuntut pemikiran kritis, penelitian mandiri, dan pemecahan masalah yang lebih mendalam terkait dengan masalah lingkungan yang kompleks. Dengan menggunakan pendekatan pembelajaran berbasis proyek, siswa SMA dapat mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam tentang tantangan lingkungan yang dihadapi oleh Kota Pekalongan dan berkontribusi pada solusi-solusi inovatif untuk mengatasi masalah-masalah tersebut.

- b. Pembelajaran Berbasis Masalah (*Problem-Based Learning*): Model ini cocok untuk diterapkan di siswa SMP (Sekolah Menengah Pertama). siswa ditantang untuk menyelesaikan masalah nyata yang relevan dengan lingkungan (Savin-Baden & Major, 2004) lihat juga (Moallem, 2019; Poikela et al., 2009). Materi pembelajaran dapat dirancang untuk memperkenalkan masalah lingkungan yang dihadapi oleh Kota Pekalongan, seperti polusi udara atau pengurangan limbah tekstil di sektor industri. Siswa kemudian diberi kesempatan untuk mengembangkan solusi teknologi yang inovatif untuk masalah-masalah tersebut. Model ini memberikan

kesempatan kepada siswa untuk mengasah keterampilan pemecahan masalah, berpikir kritis, dan berkolaborasi dalam konteks yang relevan dengan lingkungan mereka.

- c. Pembelajaran Berbasis Simulasi: Model pembelajaran ini menggunakan simulasi atau permainan peran untuk menempatkan siswa dalam konteks yang relevan dengan lingkungan (de Jong et al., 1994), lihat juga (Dexter, 2009). Terkait konteks Kota Pekalongan, simulasi digunakan untuk memperlihatkan dampak dari keputusan lingkungan yang diambil oleh individu atau organisasi, serta untuk menggambarkan cara-cara di mana teknologi dapat digunakan untuk mengatasi tantangan lingkungan. Model ini cocok untuk diterapkan pada semua jenjang pendidikan (Quinn, 2005).
- d. Pembelajaran Kolaboratif: Model ini mendorong kerja sama antara siswa dalam memecahkan masalah lingkungan yang kompleks (Kenderdine et al., 2021), lihat juga (Chang-Tik, 2022; Voogt et al., 2019; Yukselturk & Cagilta, 2007). Siswa dapat bekerja dalam kelompok untuk mengidentifikasi, merancang, dan mengimplementasikan solusi adaptasi lingkungan berbasis teknologi, dengan fokus pada isu-isu yang relevan dengan Kota Pekalongan. Model ini cocok untuk diterapkan pada semua jenjang pendidikan.

Penelitian ini berupaya mengembangkan model pembelajaran yang sesuai dengan materi pembelajaran yang dikembangkan, untuk itu diperlukan pengintegrasian model sebagaimana telah diuraikan sebelumnya.

#### **4. Teori Desain Pembelajaran (Instruksional)**

Teori desain pembelajaran (instruksional) dapat dipilah menjadi beberapa teori seperti: teori konstruktivisme, teori beban kognitif, dan desain pembelajaran universal.

##### **a. Pembelajaran konstruktivisme**

Konstruktivisme adalah teori pembelajaran yang menekankan bahwa peserta didik membangun pengetahuan dan pemahaman mereka melalui keterlibatan aktif dengan materi pembelajaran dan

pengalaman (Pritchard, 2009). Pada konteks pengembangan model dan materi pembelajaran berbasis teknologi, pendekatan konstruktivis menempatkan siswa sebagai pusat dari proses pembelajaran, dengan menekankan inkuiri, eksplorasi, dan berpikir kritis.

Pendekatan konstruktivis berpendapat bahwa siswa tidak hanya menerima pengetahuan dari guru atau materi pembelajaran, tetapi mereka secara aktif membangun pemahaman mereka sendiri melalui interaksi dengan konten pembelajaran dan lingkungan mereka. Ini menggambarkan bahwa setiap individu memiliki konstruksi unik tentang dunia, dan pembelajaran terjadi ketika siswa berinteraksi dengan informasi baru dan mencoba untuk menyelaraskannya dengan pengetahuan dan pengalaman yang sudah mereka miliki (Dangnga & Muis, 2015).

Pada konteks pengembangan model dan materi pembelajaran berbasis teknologi, pendekatan konstruktivis menekankan pentingnya kegiatan interaktif yang memberdayakan siswa untuk aktif terlibat dalam pembelajaran mereka (Allen, 2007). Hal ini dengan melibatkan pembelajaran berbasis masalah di mana siswa menghadapi tantangan lingkungan nyata dan menggunakan teknologi untuk mengeksplorasi solusi, atau proyek berbasis inkuiri di mana siswa memimpin proses pembelajaran mereka sendiri dengan bertanya, mencari, dan mengeksperimen.

Selain itu, pendekatan konstruktivis mendorong penggunaan teknologi sebagai alat untuk memfasilitasi pembelajaran yang berpusat pada siswa. Misalnya, siswa dapat menggunakan platform pembelajaran daring, simulasi komputer, atau perangkat lunak interaktif untuk mendapatkan pengalaman langsung dengan konsep-konsep lingkungan, menguji hipotesis mereka, dan berkolaborasi dengan sesama siswa dalam menciptakan pemahaman yang mendalam (Bonk & Zhang, 2008).

Penerapan pendekatan konstruktivis dalam pengembangan model dan materi pembelajaran berbasis teknologi, guru dapat menciptakan lingkungan pembelajaran yang merangsang pemikiran kritis, eksplorasi mandiri, dan kolaborasi antar siswa. Hal

ini tidak hanya membantu siswa memperoleh pengetahuan yang lebih baik tentang teknologi dan lingkungan, tetapi juga membantu mereka mengembangkan keterampilan berpikir yang kritis dan kreatif yang penting untuk berhasil di dunia yang terus berkembang.

**b. Teori beban kognitif**

Teori beban kognitif adalah kerangka kerja yang berfokus pada sumber daya kognitif yang diperlukan untuk belajar dan menyarankan bahwa bahan ajar harus dirancang untuk mengelola beban kognitif secara efektif (Ashman & Conway, 1997). Pada konteks pengembangan materi pembelajaran berbasis teknologi, teori beban kognitif dapat menjadi panduan penting untuk memastikan bahwa desain instruksional memfasilitasi pembelajaran yang efektif.

Teori beban kognitif mengidentifikasi tiga jenis beban kognitif yang harus dipertimbangkan dalam pengembangan materi pembelajaran (Sweller et al., 2011):

- 1) *Beban kognitif intrinsik*, yaitu beban kognitif yang terkait langsung dengan kompleksitas materi yang dipelajari. Beban ini dapat meningkat ketika materi yang diajarkan lebih rumit atau lebih abstrak. Dalam pengembangan materi pembelajaran berbasis teknologi, desainer harus memperhatikan tingkat kesulitan materi yang disajikan dan memastikan bahwa informasi disampaikan secara jelas dan terstruktur untuk mengurangi beban kognitif intrinsik.
- 2) *Beban kognitif ekstrinsik*, yakni beban kognitif yang timbul dari cara materi diajarkan atau disajikan. Faktor-faktor seperti desain antarmuka, penggunaan multimedia, dan instruksi kompleks dapat memengaruhi beban kognitif ekstrinsik. Dalam mengembangkan materi pembelajaran berbasis teknologi, penting untuk memperhatikan elemen-elemen desain yang dapat membantu mengurangi beban kognitif ekstrinsik, seperti menyediakan navigasi yang intuitif, penggunaan visualisasi yang efektif, dan penggunaan instruksi yang jelas dan terstruktur.

- 3) *Beban kognitif gerakan*, yaitu beban kognitif yang terkait dengan tugas-tugas fisik atau motorik yang diperlukan dalam pembelajaran. Dalam konteks teknologi, ini dapat mencakup tugas-tugas seperti menavigasi antarmuka pengguna atau memanipulasi alat pembelajaran digital. Desainer harus memastikan bahwa tugas-tugas gerakan tidak terlalu rumit atau membingungkan sehingga siswa dapat fokus pada pemahaman materi yang sebenarnya.

Berdasarkan pendapat tersebut, perlu mempertimbangkan teori beban kognitif dalam pengembangan materi pembelajaran berbasis teknologi, desainer/penelitian/guru dan pembuat kebijakan dapat membuat keputusan yang lebih baik tentang penyajian informasi, penggunaan elemen multimedia, dan struktur tugas-tugas pembelajaran untuk mengoptimalkan hasil belajar. Pengelolaan beban kognitif secara efektif, menjadikan materi pembelajaran lebih mudah dipahami dan lebih menarik bagi siswa, yang pada gilirannya dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran secara keseluruhan.

### **c. Desain Pembelajaran Universal**

Desain pembelajaran universal (UDL) adalah kerangka kerja yang bertujuan untuk menciptakan lingkungan pembelajaran yang inklusif dan fleksibel yang dapat mengakomodasi beragam kebutuhan dan preferensi pelajar (O'Shaughnessy, 2021). UDL mengakui bahwa setiap siswa memiliki gaya belajar, minat, dan kebutuhan yang berbeda, dan oleh karena itu, desain pembelajaran haruslah mempertimbangkan keragaman ini (Katz, 2012; Novak & Rose, 2016).

Pada konteks pengembangan materi pembelajaran berbasis teknologi, prinsip UDL menjadi sangat penting karena teknologi memiliki potensi besar untuk menyediakan fleksibilitas dan aksesibilitas yang diperlukan untuk menciptakan lingkungan pembelajaran yang inklusif (Jung, 2023). Beberapa prinsip UDL yang diterapkan dalam pengembangan materi pembelajaran berbasis teknologi yaitu (Gravel & Tucker-Smith, 2024) dan juga (Rapp, 2014):



- 1) *Pilihan representasi*: Materi pembelajaran harus disajikan dalam berbagai format dan media untuk memungkinkan aksesibilitas bagi semua siswa. Ini dapat mencakup teks, audio, video, gambar, dan elemen interaktif lainnya. Dengan menyediakan pilihan representasi, siswa dengan gaya belajar yang berbeda dapat memilih format yang paling sesuai dengan kebutuhan mereka.
- 2) *Pilihan tindakan dan ekspresi*: Materi pembelajaran harus memberikan beragam pilihan untuk mengekspresikan pemahaman dan menunjukkan keterampilan. Ini dapat meliputi penggunaan teks, rekaman audio atau video, proyek kreatif, atau presentasi visual. Dengan memberikan pilihan tindakan dan ekspresi, siswa dapat menemukan cara yang paling efektif untuk mengekspresikan diri dan menunjukkan pemahaman mereka.
- 3) *Pilihan keterlibatan*: Materi pembelajaran harus merancang kegiatan yang menarik dan relevan bagi semua siswa. Ini dapat mencakup penggunaan pertanyaan terbuka, tantangan berbasis masalah, atau proyek kolaboratif. Dengan memberikan pilihan keterlibatan, siswa dapat merasa lebih termotivasi dan terlibat dalam pembelajaran.

Prinsip-prinsip UDL dalam pengembangan materi pembelajaran berbasis teknologi, desainer/guru dapat menciptakan lingkungan pembelajaran yang inklusif, aksesibel, dan menarik bagi semua siswa, terlepas dari latar belakang atau kemampuan mereka. Ini tidak hanya meningkatkan pengalaman pembelajaran siswa, tetapi juga memungkinkan mereka untuk mencapai potensi belajar mereka secara penuh (Sahlberg, 2016).

## **5. Teori Teknologi Pembelajaran**

Teknologi pembelajaran mencakup beragam alat dan metode yang digunakan dalam konteks pendidikan, termasuk perangkat lunak pembelajaran, aplikasi mobile, platform pembelajaran online, perangkat keras (seperti komputer, tablet, dan smartpone), perangkat audiovisual, serta teknologi baru seperti *augmented reality* (AR) dan

*virtual reality* (VR). Teknologi pembelajaran digunakan di berbagai tingkat pendidikan, mulai dari pendidikan anak usia dini hingga pendidikan tinggi dan pelatihan profesional (Langer, 2024).

Teori teknologi pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Technology Enhanced Learning* (TEL). Model *Technology Enhanced Learning* (TEL) adalah kerangka kerja terstruktur yang bertujuan untuk mengintegrasikan teknologi ke dalam proses belajar mengajar dengan tujuan meningkatkan hasil pendidikan. Model ini dirancang untuk membantu pendidik merencanakan, melaksanakan, dan mengevaluasi penggunaan teknologi dalam konteks pembelajaran (Crook & Sutherland, 2017).

Beberapa prinsip utama yang mendasari Model *Technology Enhanced Learning* meliputi (Laurillard et al., 2009).

1) *Fleksibilitas*

Model TEL memungkinkan pendidik untuk memilih teknologi yang paling sesuai dengan tujuan pembelajaran dan gaya mengajar mereka, serta kebutuhan dan karakteristik siswa. Fleksibilitas ini memungkinkan adaptasi yang tepat terhadap berbagai situasi pembelajaran.

2) *Pembelajaran Berbasis Siswa*

Model TEL menempatkan siswa sebagai fokus utama, dengan menyesuaikan penggunaan teknologi dengan kebutuhan belajar individu mereka. Ini mencakup penyediaan materi pembelajaran yang disesuaikan dengan tingkat keterampilan, minat, dan gaya belajar siswa.

3) *Interaktif dan Kolaboratif*

Model TEL mendorong penggunaan teknologi untuk meningkatkan interaksi antara siswa, baik dengan sesama siswa maupun dengan pendidik. Ini dapat mencakup penggunaan platform pembelajaran daring, alat kolaboratif, dan diskusi online untuk mendukung pembelajaran bersama dan pertukaran ide.

4) *Evaluasi dan Umpan Balik*

Model TEL memfasilitasi penggunaan teknologi untuk mengevaluasi kemajuan siswa secara terus-menerus dan memberikan umpan balik yang sesuai. Hal ini mencakup

penggunaan alat evaluasi daring, sistem manajemen pembelajaran (LMS), atau analisis data untuk membantu pendidik memahami dan merespons kebutuhan siswa dengan lebih efektif.

Implementasi Model *Technology Enhanced Learning* mengikuti langkah-langkah berikut (Žogla, 2019).

- 1) *Perencanaan*: Identifikasi tujuan pembelajaran, kebutuhan siswa, dan pilihan teknologi yang sesuai dengan konteks pembelajaran.
- 2) *Pengembangan*: Desain dan pembuatan materi pembelajaran yang mengintegrasikan teknologi dengan cara yang sesuai dan efektif.
- 3) *Pengimplementasian*: Mengimplementasikan teknologi dalam proses pembelajaran, memfasilitasi interaksi dan kolaborasi, serta memberikan dukungan dan bimbingan kepada siswa.
- 4) *Evaluasi*: Mengevaluasi efektivitas penggunaan teknologi dalam mencapai tujuan pembelajaran, serta mengidentifikasi area perbaikan dan inovasi untuk pengembangan selanjutnya.

Melalui adopsi model *Technology Enhanced Learning*, pendidik/guru dapat memanfaatkan potensi teknologi untuk meningkatkan pembelajaran, memfasilitasi kolaborasi, dan menciptakan pengalaman pembelajaran yang lebih menarik dan relevan bagi siswa.

## 6. Teori Sensitivitas dan Kepedulian

Pada sesi pengukuran sensitivitas dan kepedulian siswa di Kota Pekalongan, peneliti menggunakan beberapa teori sebagaimana diuraikan berikut ini.

### d. Teori Perilaku Terencana (Theory of Planned Behavior - TPB)

*Theory of Planned Behavior* (TPB) dikembangkan oleh Ajzen sebagai pendekatan untuk memahami dan memprediksi perilaku individu berdasarkan niat atau intensi. TPB berfokus pada tiga komponen utama yang membentuk niat: sikap terhadap perilaku (*attitude*), norma subjektif (*subjective norm*), dan persepsi kendali perilaku (*perceived behavioral control* atau PBC). Sikap mencerminkan pandangan individu terhadap keuntungan atau kerugian dari suatu perilaku. Norma subjektif berkaitan dengan

pengaruh sosial, yaitu persepsi seseorang mengenai ekspektasi orang-orang di sekitarnya, sedangkan PBC merujuk pada tingkat kemudahan atau kesulitan yang dirasakan seseorang dalam melakukan suatu tindakan. Ketiga faktor ini berinteraksi untuk membentuk niat seseorang dan pada akhirnya mempengaruhi perilaku nyata mereka.

Berbagai studi telah diterapkan TPB dalam berbagai konteks untuk memahami faktor-faktor yang mempengaruhi perilaku. Pada studi tentang niat vaksinasi COVID-19, TPB diperluas dengan memasukkan faktor-faktor tambahan seperti pengetahuan tentang COVID-19 dan persepsi risiko, yang terbukti meningkatkan efektivitas TPB dalam memprediksi niat vaksinasi (Fan et al., 2021). Dalam kasus ini, sikap positif terhadap vaksinasi dan pengalaman sebelumnya menjadi faktor utama yang mempengaruhi niat individu untuk menerima vaksin. Penelitian ini menunjukkan bahwa, dalam beberapa konteks, faktor eksternal seperti informasi dan pengalaman pribadi dapat ditambahkan ke TPB untuk memperkuat prediksi perilaku (Su et al., 2021).

Studi lain menggunakan TPB dalam konteks pendidikan kewirausahaan di China, dengan mengintegrasikan dukungan universitas sebagai variabel eksternal (Lihua, 2022). Penelitian ini menunjukkan bahwa dukungan yang diberikan oleh universitas memiliki pengaruh signifikan terhadap sikap dan PBC mahasiswa dalam hal kewirausahaan, yang pada gilirannya meningkatkan niat mereka untuk memulai bisnis. Hasil penelitian ini menyoroti bahwa lingkungan pendidikan yang mendukung dan memotivasi, seperti bantuan dari mentor atau akses ke pelatihan bisnis, dapat memperkuat sikap positif dan kendali perilaku yang dipersepsikan, sehingga lebih mungkin membangun niat yang kuat untuk berwirausaha di kalangan mahasiswa (Su et al., 2021).

Pada konteks perilaku pro-lingkungan, TPB dikombinasikan dengan Model Norma Identitas Nilai (*Value Identity Personal Norm Model* atau VIP) untuk mencakup aspek moral dan identitas diri yang lebih mendalam (Yusliza et al., 2020). Dalam studi ini, nilai-nilai biosferik dan identitas lingkungan ditemukan

berpengaruh langsung pada norma pribadi, yang kemudian mendorong individu untuk bertindak pro-lingkungan. Studi ini menunjukkan bahwa menambahkan elemen moral dalam TPB dapat memperkaya pemahaman tentang motivasi individu dalam menjalankan perilaku ramah lingkungan. Kombinasi TPB dengan VIP memberikan perspektif yang lebih holistik, di mana nilai-nilai dan identitas moral menjadi kunci dalam membentuk norma pribadi dan, pada akhirnya, perilaku (El Zaatari & Maalouf, 2022; Mary & Antony, 2022; Mohebi & Bailey, 2020).

Penerapan TPB pada adopsi teknologi, seperti pada studi adopsi AI di sektor pertanian di Jerman, persepsi kendali perilaku dan sikap terhadap teknologi menjadi faktor utama dalam meningkatkan penerimaan teknologi. Studi ini mengungkapkan bahwa petani yang memiliki sikap positif terhadap AI dan merasa yakin dapat mengendalikan penggunaan teknologi ini lebih mungkin untuk mengadopsinya. Temuan ini menunjukkan bahwa persepsi kontrol diri yang kuat dapat memperkuat niat untuk mengadopsi teknologi baru, terutama dalam konteks di mana adopsi teknologi menghadapi tantangan teknis dan ekonomi (Mohr & Kühl, 2021)

Secara umum, TPB dapat beradaptasi dengan menambahkan variabel-variabel yang relevan sesuai konteks penelitian, yang menjadikannya alat yang fleksibel dalam memahami dan memprediksi niat serta perilaku individu. Pada berbagai konteks, seperti kesehatan, lingkungan, pendidikan, dan teknologi, TPB telah terbukti efektif dalam memprediksi niat ketika faktor-faktor eksternal yang relevan disertakan. Kombinasi TPB dengan model lain, seperti VIP dalam konteks moral atau nilai, memperluas perspektif teori ini, memberikan wawasan yang lebih kaya tentang faktor yang memotivasi perilaku, baik dari aspek rasional maupun emosional.

Pada bidang pendidikan, khususnya pada pembelajaran yang mengintegrasikan isu-isu lingkungan, penerapan TPB dapat digunakan untuk meningkatkan sensitivitas dan kepedulian siswa terhadap lingkungan. Dengan memfokuskan pada komponen

sikap, norma subjektif, dan PBC, pendidik dapat merancang kurikulum yang menumbuhkan sikap positif terhadap isu lingkungan, meningkatkan norma sosial yang mendukung perilaku ramah lingkungan, serta memperkuat rasa percaya diri siswa untuk bertindak pro-lingkungan. Dalam pendekatan ini, penting juga menambahkan elemen identitas lingkungan dan norma pribadi, yang dapat mendorong siswa merasakan tanggung jawab moral untuk melestarikan lingkungan. Menggunakan model TPB-VIP yang menyeluruh dalam pendidikan akan memungkinkan siswa tidak hanya memahami pentingnya lingkungan, tetapi juga merasa termotivasi secara intrinsik untuk bertindak demi kepentingan lingkungan. Oleh karena itu, pendidikan berbasis TPB yang berfokus pada isu lingkungan berpotensi membentuk perilaku siswa yang berkelanjutan dan proaktif dalam menjaga lingkungan.

e. **Teori Ekologi Bronfenbrenner (Bronfenbrenner's Ecological Theory)**

Teori Ekologi Bronfenbrenner adalah pendekatan dalam psikologi perkembangan yang menekankan pentingnya interaksi antara individu dan lingkungan mereka dalam berbagai tingkat. Pada awalnya, teori ini berfokus pada ekologi lingkungan anak, di mana Bronfenbrenner membagi lingkungan tersebut menjadi beberapa sistem yang saling terkait, yaitu mikrosistem, mesosistem, eksosistem, makrosistem, dan kronosistem (Panopoulos & Drossinou-Korea, 2020). Mikrosistem mencakup lingkungan terdekat, seperti keluarga dan teman sebaya, yang memiliki dampak langsung pada perkembangan individu. Mesosistem menggambarkan hubungan antar mikrosistem, sementara eksosistem mencakup faktor-faktor yang tidak berinteraksi langsung dengan individu tetapi tetap mempengaruhi mereka, seperti kebijakan kerja orang tua (Amali et al., 2023). Makrosistem merujuk pada budaya dan norma masyarakat yang lebih luas (Mary & Antony, 2022), sementara kronosistem mengacu pada aspek waktu yang mencakup perubahan usia dan periode sejarah di mana individu hidup (Li & Cheong, 2022)

Seiring perkembangannya, Bronfenbrenner memperluas teori ini menjadi model bioekologis yang menggabungkan komponen Proses, Orang, Konteks, dan Waktu atau dikenal sebagai PPCT. Dalam model ini, Proses merujuk pada interaksi sehari-hari antara individu dan lingkungannya yang memiliki pengaruh besar terhadap perkembangan. Orang atau individu mencakup karakteristik biologis dan psikologis yang mempengaruhi perkembangan seseorang, sementara Konteks mencakup berbagai lingkungan (dari mikrosistem hingga makrosistem) di mana individu berinteraksi. Dimensi Waktu atau kronosistem mencakup perkembangan waktu dalam kehidupan individu, baik dalam bentuk perubahan usia maupun konteks temporal yang lebih luas, seperti periode historis yang mempengaruhi kondisi kehidupan mereka (Navarro et al., 2022; Navarro & Tudge, 2023a). Model ini memperkaya pemahaman tentang bagaimana setiap komponen saling terkait dan memengaruhi perkembangan manusia secara kompleks.

Aplikasi teori ekologi ini sangat relevan dalam memahami perkembangan siswa di lingkungan pendidikan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa interaksi siswa dengan lingkungan sekolah mereka, seperti hubungan dengan guru, interaksi dengan teman sebaya, dan dukungan dari keluarga, memainkan peran penting dalam perkembangan akademik dan psikososial siswa. Sebagai contoh, siswa yang memiliki hubungan baik dengan guru dan teman sebaya cenderung merasa lebih terhubung dengan sekolah, yang pada akhirnya meningkatkan motivasi belajar mereka. Lingkungan sekolah yang suportif juga berperan penting dalam meningkatkan kesejahteraan emosional siswa, serta menurunkan tingkat stres dan mengurangi perilaku bermasalah (El Zaatari & Maalouf, 2022; Flynn & Mathias, 2023)

Lebih lanjut, teori ini juga menjelaskan pentingnya sistem ekologi dalam mendukung keberagaman dan inklusi di sekolah. Setiap tingkat dalam sistem Bronfenbrenner membantu mengidentifikasi faktor-faktor yang mendukung atau menghambat pengalaman siswa yang berasal dari latar belakang yang beragam,

termasuk gender, etnis, dan status sosial ekonomi. Misalnya, lingkungan yang inklusif, seperti kebijakan yang mengakomodasi kebutuhan siswa minoritas atau intervensi yang mendukung kesetaraan kesempatan, sangat berperan dalam mengurangi hambatan dalam pendidikan dan meningkatkan rasa memiliki di kalangan siswa. Hal ini menekankan bahwa lingkungan sekolah yang inklusif dapat membantu mengurangi hambatan sosial dan meningkatkan rasa keterlibatan di antara siswa (Nolan & Owen, 2024; Tong & An, 2023).

Di era modern, teori ini telah dimodifikasi untuk mencakup pengaruh teknologi, yang dikenal sebagai Teori Neo-ekologi. Teknologi kini menjadi bagian dari mikrosistem virtual yang penting bagi interaksi sosial dan perkembangan anak-anak dan remaja. Interaksi yang terjadi dalam konteks digital, seperti media sosial dan platform pembelajaran daring, berperan sebagai mikrosistem virtual yang berdampak pada perkembangan psikososial anak dan remaja. Penyesuaian ini memperluas relevansi teori Bronfenbrenner dalam memahami perkembangan di era digital, di mana interaksi melalui teknologi semakin dominan dalam kehidupan sehari-hari dan memengaruhi cara individu berkembang (Navarro & Tudge, 2023a).

Pengaruh sistem ekologi juga dinilai penting dalam mengembangkan keterampilan sosial dan nilai moral pada siswa. Aplikasi teori ini dalam pendidikan dapat membantu guru merancang aktivitas yang mendukung pengalaman sosial dan moral siswa. Dengan memahami dinamika lingkungan yang kompleks ini, pendidik dapat menciptakan lingkungan belajar yang mendukung interaksi positif antara siswa serta membangun hubungan yang baik antara siswa dan guru. Proses-proses seperti kerja sama, interaksi sosial, dan bimbingan moral dapat menciptakan lingkungan di mana nilai-nilai seperti tanggung jawab sosial, kepedulian terhadap lingkungan, dan empati dapat berkembang dalam diri siswa (El Zaatari & Maalouf, 2022; Navarro et al., 2022)



Dalam konteks pendidikan, terutama pada pembelajaran yang terintegrasi dengan isu-isu lingkungan, teori Bronfenbrenner dapat digunakan untuk meningkatkan sensitivitas dan kepedulian siswa terhadap lingkungan. Dengan memanfaatkan sistem mikrosistem dan mesosistem, sekolah dapat menciptakan program-program kolaboratif antara siswa, guru, dan komunitas lokal untuk meningkatkan pemahaman siswa tentang isu-isu lingkungan lokal. Misalnya, guru dapat melibatkan siswa dalam proyek lingkungan yang berfokus pada interaksi langsung dengan alam sekitar, seperti penanaman pohon atau pengelolaan limbah, yang didukung oleh orang tua dan komunitas. Penerapan teori ini juga memungkinkan pengembangan program yang mempertimbangkan konteks budaya (makrosistem), yang dapat memupuk rasa tanggung jawab lingkungan yang relevan dengan budaya setempat, serta meningkatkan rasa memiliki dalam komunitas yang lebih luas (El Zaatari & Maalouf, 2022; Navarro et al., 2022)

f. **Teori Kepedulian terhadap Lingkungan (*Environmental Concern Theory*)**

Environmental Concern Theory adalah konsep yang membahas kesadaran, sikap, dan komitmen individu atau kelompok terhadap pelestarian lingkungan dan pengurangan dampak negatif terhadap ekosistem. Teori ini semakin relevan mengingat meningkatnya ancaman lingkungan seperti perubahan iklim, kehilangan keanekaragaman hayati, dan polusi. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Cruz & Manata, 2020), Environmental Concern melibatkan komponen afektif dan kognitif dalam merespons isu lingkungan, di mana individu menunjukkan sikap dan perilaku untuk melindungi lingkungan berdasarkan informasi yang diterima dan perasaan tanggung jawab ekologis.

Penelitian lebih lanjut oleh (Kim & Hall, 2020) menunjukkan bahwa kekhawatiran lingkungan dapat meningkatkan perilaku konsumsi ekologis, di mana konsumen lebih cenderung memilih produk-produk ramah lingkungan dan beretika. Menariknya, sikap prososial juga memoderasi hubungan antara kekhawatiran

lingkungan dan perilaku konsumsi ini, menunjukkan bahwa kepedulian terhadap sesama dan nilai prososial berperan penting dalam memperkuat komitmen untuk membeli produk yang lebih ekologis. Pada konteks pembelian produk, konsumen yang memiliki kesadaran lingkungan tinggi cenderung merespons inisiatif pemasaran ekologis, seperti label hijau atau promosi produk ramah lingkungan, yang dapat membantu mengurangi dampak lingkungan melalui pilihan konsumsi yang lebih bertanggung jawab.

Di bidang pendidikan, penelitian yang dilakukan oleh (Angelita et al., 2023) menyoroiti pentingnya pengetahuan ekologis dan kekhawatiran lingkungan dalam membentuk perilaku ekologis siswa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat korelasi positif antara pengetahuan tentang konsep ekologi dan kepedulian lingkungan dengan perilaku ekologis siswa. Dengan demikian, peningkatan pemahaman konsep ekologi dapat mendorong siswa untuk berperilaku ramah lingkungan, seperti pengurangan penggunaan plastik dan partisipasi dalam kegiatan daur ulang.

Kajian tentang Environmental Concern juga menunjukkan adanya hubungan antara kepedulian lingkungan dan niat perilaku pro-lingkungan di kalangan generasi muda, termasuk niat untuk membeli produk organik atau berpartisipasi dalam gaya hidup hijau. Penelitian yang dilakukan oleh (Yusliza et al., 2020) menemukan bahwa kepedulian lingkungan memengaruhi niat generasi muda untuk mengadopsi gaya hidup ramah lingkungan, yang ditunjukkan melalui praktik seperti daur ulang dan pengurangan. Faktor-faktor seperti komitmen lingkungan, kesadaran hijau, dan keyakinan diri dalam menjaga lingkungan berkontribusi terhadap intensifikasi perilaku ramah lingkungan di kalangan siswa.

Pada konteks organisasi, (Cruz & Manata, 2020) meneliti bagaimana kekhawatiran lingkungan di tingkat manajerial dapat meningkatkan inovasi hijau melalui pengelolaan sumber daya manusia yang berwawasan lingkungan. Hasilnya menunjukkan bahwa kepedulian lingkungan yang kuat dari manajemen berperan

sebagai katalis dalam mendorong inovasi ramah lingkungan dalam organisasi, sehingga meningkatkan efisiensi sumber daya dan berkontribusi terhadap tujuan keberlanjutan. Implikasi ini menekankan pentingnya mengintegrasikan nilai-nilai lingkungan dalam berbagai tingkat operasional dan manajerial untuk menciptakan perubahan yang berkelanjutan.

Penerapan *Environmental Concern Theory* di bidang pendidikan dapat membantu meningkatkan sensitivitas dan kepedulian siswa terhadap isu-isu lingkungan. Melalui integrasi topik lingkungan dalam kurikulum, guru dapat menanamkan nilai-nilai ekologis yang mendorong siswa untuk berperilaku ramah lingkungan, seperti daur ulang dan penghematan energi. Misalnya, pendidikan berbasis proyek yang melibatkan siswa dalam kegiatan penghijauan atau pengelolaan limbah dapat memberikan pemahaman praktis tentang pentingnya pelestarian lingkungan. Selain itu, pendekatan ini dapat membantu siswa mengembangkan tanggung jawab sosial dan prososial yang akan memperkuat niat mereka untuk bertindak demi kelestarian lingkungan, memperkuat pembelajaran berbasis nilai dan etika lingkungan (Angelita et al., 2023).

g. **Teori Pemrosesan Informasi Sosial (*Social Information Processing Theory*)**

*Social Information Processing Theory* (SIP) menjelaskan bagaimana individu memproses informasi sosial yang mereka terima dalam interaksi sosial, mulai dari perhatian terhadap isyarat sosial hingga keputusan untuk bertindak. Menurut (Sumner & Ramirez, 2017), proses ini melibatkan enam langkah: pengkodean isyarat sosial, interpretasi isyarat tersebut, penentuan tujuan, pembangunan respons, pengambilan keputusan, dan tindakan. Pada setiap tahap, individu menggunakan pengalaman dan memori masa lalu untuk menginterpretasi situasi sosial yang mereka hadapi. Tahap interpretasi, misalnya, memungkinkan individu untuk menafsirkan isyarat sosial berdasarkan ingatan atau pengalaman yang relevan, yang kemudian memengaruhi reaksi dan perilaku mereka (Runions & Keating, 2007).

Penerapan SIP di lingkungan organisasi menunjukkan bahwa informasi yang diterima dari lingkungan kerja dapat memengaruhi persepsi dan sikap individu. Sebagai contoh, penelitian oleh (Schriesheim & Liu, 2018) menemukan bahwa kepemimpinan autentik dapat membentuk sikap positif melalui proses kognitif. Kepemimpinan autentik, yang menunjukkan transparansi, moralitas, dan keseimbangan pengambilan keputusan, dapat menjadi isyarat sosial yang membentuk respons positif dalam interaksi kerja, seperti sikap toleransi dan kinerja tugas yang baik.

Di sisi lain, SIP juga telah diaplikasikan dalam konteks gangguan kecemasan sosial, di mana interpretasi yang terganggu terhadap isyarat sosial dapat menyebabkan perkembangan kecemasan sosial. (Nikolić, 2020) mengungkapkan bahwa anak-anak dengan kecemasan sosial sering menunjukkan pemrosesan informasi sosial yang tidak sesuai, seperti kecenderungan menginterpretasikan isyarat sosial secara negatif atau merasa diawasi. Hal ini memengaruhi interaksi sosial mereka dan dapat mengarah pada perilaku penghindaran yang memperkuat kecemasan dalam jangka Panjang.

Studi lain menunjukkan bahwa lingkungan keluarga juga berperan penting dalam membentuk kemampuan pemrosesan informasi sosial pada anak-anak. Dalam penelitian oleh (Şenol & Metin, 2021), ditemukan bahwa anak-anak usia prasekolah yang lebih mampu dalam mengelola interaksi sosial cenderung memiliki kemampuan yang lebih baik dalam interpretasi, diversifikasi respons, dan pengambilan keputusan. Kemampuan ini membantu mereka untuk bekerja sama, memiliki kontrol diri, dan bersikap asertif, yang mendukung interaksi sosial yang positif dengan teman sebaya mereka.

Selain itu, SIP dapat digunakan untuk memahami dinamika kelompok dalam konteks konflik kerja dan keluarga. (Bhave et al., 2010) menyatakan bahwa konflik kerja-keluarga di tingkat kelompok kerja dapat memengaruhi persepsi dan pengalaman konflik individu melalui informasi sosial yang diterima dari kelompok. Dalam lingkungan kerja yang mendukung, efek konflik

kerja-keluarga dapat diredam, namun lingkungan yang kurang mendukung dapat memperkuat dampak negatif konflik ini pada individu.

Secara keseluruhan, SIP menyediakan kerangka untuk memahami bagaimana individu mengelola dan merespons situasi sosial dalam berbagai konteks, dari interaksi sehari-hari hingga situasi yang penuh tekanan. Penerapan teori ini dalam pendidikan menunjukkan bahwa dengan melatih siswa untuk mengenali dan menafsirkan isyarat sosial dengan lebih baik, guru dapat meningkatkan kemampuan mereka untuk berinteraksi secara positif dan menangani konflik dengan cara yang konstruktif (Frenzel et al., 2021)

Teori ini digunakan sebagai dasar penyusunan instrumen untuk mengukur sensitivitas dan kepedulian siswa terhadap isu-isu lingkungan di Kota Pekalongan dengan fokus pada aspek kognitif, afektif, dan perilaku. ***Social Information Processing Theory (SIP)*** membantu membentuk instrumen yang menilai bagaimana siswa memahami dan merespons informasi terkait dampak lingkungan seperti abrasi pantai, banjir rob, dan pencemaran limbah.

h. **Teori Emosi Moral (*Moral Emotions Theory*)**

Moral Emotions Theory membahas bagaimana emosi moral, seperti rasa malu, empati, dan kebanggaan, memengaruhi perilaku etis seseorang dalam konteks sosial tertentu. Emosi-emosi ini bertindak sebagai penanda moral, memungkinkan individu untuk mengenali dan merespons situasi yang melibatkan nilai-nilai moral dan etika. Emosi moral dikategorikan dalam emosi preskriptif, seperti empati dan kebanggaan, yang mendorong perilaku prososial, serta emosi proskriptif, seperti rasa malu atau bersalah, yang mencegah tindakan yang dianggap tidak bermoral (Dasborough et al., 2020). Emosi-emosi ini terbentuk melalui interaksi sosial dan nilai-nilai yang terinternalisasi, di mana pengalaman masa lalu dan pengaruh lingkungan memainkan peran penting dalam bagaimana individu bereaksi terhadap isyarat moral di lingkungan mereka (Kristjánsson et al., 2021)

Penelitian tentang emosi moral juga menyoroti pentingnya konteks sosial dalam pembentukan respons moral. Dalam konteks tim atau kelompok, emosi moral dapat ditingkatkan atau dibentuk oleh norma-norma yang berlaku dalam kelompok tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa individu mungkin merasakan tanggung jawab moral atau dorongan untuk bertindak secara etis karena adanya tekanan atau harapan sosial dari anggota kelompok lainnya. Sebagai contoh, anggota tim yang memiliki norma moral kuat cenderung memperlihatkan tingkat empati yang lebih tinggi dan kesadaran moral yang lebih baik ketika menghadapi situasi moral yang kompleks (Roeser et al., 2020).

Teori ini juga mencakup konsep bahwa emosi moral dapat digunakan sebagai alat untuk mendukung perkembangan etika, terutama dalam bidang pendidikan dan pengasuhan. Penerapan emosi moral dalam pendidikan bertujuan untuk menumbuhkan nilai-nilai seperti kejujuran, kesetiaan, dan keberanian melalui pemahaman bahwa emosi memainkan peran penting dalam pembelajaran moral. Dengan mengintegrasikan emosi moral dalam pengajaran, pendidik dapat membantu siswa mengembangkan pemahaman yang lebih dalam tentang dampak moral dari tindakan mereka serta konsekuensi dari pelanggaran etis (Tyas et al., 2020)

Studi dalam bidang keperawatan juga menunjukkan bahwa emosi moral, seperti rasa bersalah dan empati, sangat penting dalam pengambilan keputusan yang melibatkan kepentingan pasien. Perawat yang mengalami konflik moral sering kali merasakan tekanan emosional yang besar, dan emosi moral ini dapat berfungsi sebagai pendorong untuk memberikan perawatan yang lebih baik, yang disesuaikan dengan kebutuhan pasien. Pemahaman tentang pentingnya emosi moral dalam situasi kritis ini dapat memotivasi perawat untuk terus memperbaiki praktik dan menjaga hubungan manusiawi dengan pasien (Jiménez-Herrera et al., 2020).

Pentingnya emosi moral dalam pendidikan berkelanjutan juga disoroti dalam upaya untuk menciptakan lingkungan belajar yang mendukung pengembangan karakter siswa. Melalui pendidikan

yang berorientasi pada nilai, siswa dapat belajar untuk mengenali dan menghargai dampak moral dari tindakan mereka, yang mengarah pada pembentukan karakter yang lebih matang dan bertanggung jawab secara sosial. Pengembangan emosi moral dalam konteks pendidikan adalah bagian dari pendekatan berkelanjutan yang bertujuan untuk mempromosikan perilaku yang lebih etis dan bertanggung jawab pada generasi muda (Asif et al., 2020).

Secara keseluruhan, Teori Emosi Moral menekankan bahwa emosi ini bukan hanya respons afektif, tetapi juga alat penting dalam pembentukan kesadaran dan keputusan moral. Melalui pemahaman dan pengembangan emosi moral, individu dapat mencapai kesadaran etis yang lebih mendalam, yang pada akhirnya mempengaruhi perilaku mereka dalam berbagai konteks sosial. Emosi moral memungkinkan individu untuk merasakan tanggung jawab yang lebih besar dalam tindakan mereka, yang sangat penting dalam pengembangan masyarakat yang lebih adil dan bertanggung jawab (Krettenauer, 2020)

Penerapan ***Moral Emotions Theory*** dalam penyusunan instrumen sensitivitas dan kepekaan pelajar terhadap isu-isu lingkungan di Kota Pekalongan dilakukan dengan merancang item yang mengukur respons emosional siswa terhadap kondisi lingkungan. Instrumen ini mencakup pertanyaan yang mengevaluasi rasa empati, rasa bersalah, dan kebanggaan siswa terkait tindakan mereka atau orang lain terhadap lingkungan, seperti polusi, penumpukan sampah, banjir rob, dan abrasi pantai. Misalnya, pertanyaan bisa jadi dirancang untuk mengukur apakah siswa merasa bertanggung jawab atau tergugah secara moral ketika melihat kerusakan lingkungan atau apakah mereka merasa bangga saat ikut dalam kegiatan pelestarian lingkungan. Dengan demikian, instrumen ini tidak hanya menilai pemahaman kognitif siswa tentang masalah lingkungan tetapi juga menggali tingkat kepekaan emosional dan moral mereka, yang merupakan pendorong utama untuk perilaku pro-lingkungan yang bertanggung jawab dan berkelanjutan.

i. **Teori Kognitif Sosial (*Social Cognitive Theory*)**

Social Cognitive Theory (SCT), dikembangkan oleh Albert Bandura, berfokus pada interaksi tiga komponen utama: faktor personal, perilaku, dan lingkungan. Ketiga komponen ini berperan secara timbal balik dalam membentuk dan mempengaruhi perilaku individu. Bandura berpendapat bahwa keyakinan individu akan kemampuan dirinya atau *self-efficacy* merupakan elemen penting dalam menentukan keberhasilan tindakan (Bandura, 1986). Penelitian lebih lanjut menunjukkan bahwa *self-efficacy* tidak hanya membentuk perilaku, tetapi juga menjadi prediktor yang kuat bagi tindakan individu, terutama dalam lingkungan yang membutuhkan kemampuan tertentu, seperti dalam konteks pendidikan dan pekerjaan (Almuqrini & Mutambik, 2021).

Pada aspek *self-efficacy*, SCT menguraikan bahwa kepercayaan diri seseorang dalam melaksanakan tugas memainkan peran penting dalam keberhasilannya. Penelitian oleh (Thomas & Gupta, 2021) menunjukkan bahwa *self-efficacy* dapat mempengaruhi cara seseorang berinteraksi dengan tugas tertentu dan meningkatkan tingkat keberhasilan individu dalam berbagai konteks, termasuk pendidikan. Penelitian ini juga menggarisbawahi bahwa keyakinan diri yang kuat dapat meningkatkan kemampuan adaptasi seseorang dalam menghadapi tantangan, yang pada akhirnya mendorong keberhasilan mereka.

Selain itu, SCT menyoroti pentingnya pembelajaran melalui pengamatan atau *observational learning*. Proses ini memungkinkan individu untuk belajar dari model atau contoh di lingkungan mereka, baik dari orang tua, guru, maupun teman sebaya. Dalam studi mereka, (Awwad et al., 2023) menyatakan bahwa pembelajaran observasional memainkan peran signifikan dalam mengurangi ketakutan siswa terhadap tantangan tertentu, seperti berbicara di depan umum. Siswa yang melihat model yang berhasil menunjukkan perilaku positif cenderung meniru dan menerapkan perilaku yang sama, yang membantu mereka mengatasi kecemasan.



Lingkungan berfungsi sebagai elemen penting lain dalam SCT. Bandura menegaskan bahwa lingkungan dapat menciptakan kesempatan atau batasan bagi individu, yang mempengaruhi tindakan mereka. Lingkungan yang mendukung dapat memberikan dorongan bagi siswa untuk mengembangkan keterampilan dan perilaku positif, sementara lingkungan yang kurang mendukung dapat menimbulkan hambatan bagi perkembangan individu. Studi oleh (Almogren & Aljammaz, 2022) menemukan bahwa lingkungan belajar yang interaktif dapat meningkatkan kepuasan siswa terhadap teknologi pembelajaran dan memperkuat niat mereka untuk menggunakan teknologi tersebut, yang menunjukkan pentingnya dukungan lingkungan dalam pendidikan.

Aspek lain dari SCT yang krusial adalah pengaruh motivasi intrinsik dalam pembelajaran. Bandura menjelaskan bahwa motivasi intrinsik memainkan peran besar dalam membantu individu mempertahankan perilaku positif dalam jangka panjang. (Mozahem, 2022) dalam penelitiannya tentang pilihan karier perempuan menemukan bahwa motivasi intrinsik, terutama dalam bentuk dorongan dari diri sendiri untuk mencapai tujuan tertentu, sangat berperan dalam membuat keputusan terkait karier. Motivasi ini memotivasi individu untuk mengambil langkah yang diperlukan demi mencapai tujuan mereka, meskipun menghadapi kendala lingkungan.

Pada konteks pendidikan yang berfokus pada isu lingkungan, *Social Cognitive Theory* dapat membantu meningkatkan sensitivitas dan kepedulian siswa terhadap isu-isu lingkungan. Dengan menciptakan lingkungan belajar yang mendukung, siswa dapat mengamati perilaku positif terkait pelestarian lingkungan yang dilakukan oleh guru dan teman-teman mereka. Guru juga dapat memperkuat *self-efficacy* siswa dengan memberikan pengalaman langsung seperti proyek lingkungan yang mendorong siswa untuk berperan aktif dalam aksi pelestarian lingkungan. Melalui proses pembelajaran observasional dan dukungan lingkungan yang memadai, SCT dapat mendorong siswa untuk mempraktikkan perilaku pro-lingkungan yang positif dan

memperkuat komitmen mereka terhadap keberlanjutan lingkungan (Ibrahim et al., 2022).

j. **Teori Dissonansi Kognitif (*Cognitive Dissonance Theory*)**

*Cognitive Dissonance Theory (CDT)*, yang pertama kali diperkenalkan oleh Leon Festinger pada 1957, menggambarkan keadaan ketidaknyamanan psikologis yang dialami seseorang ketika mengalami konflik antara kepercayaan, sikap, atau perilaku yang bertentangan (Festinger, 1957). Teori ini mengusulkan bahwa ketidaksesuaian antara keyakinan dan tindakan menciptakan ketegangan atau "*dissonance*" yang mendorong individu untuk mencari konsistensi untuk mengurangi ketidaknyamanan tersebut. Misalnya, ketika seseorang melakukan tindakan yang tidak sesuai dengan keyakinan moral mereka, mereka cenderung mengubah perilaku atau mengadaptasi kepercayaan mereka untuk mencapai keseimbangan (Ploger et al., 2021).

Menurut (Marikyan et al., 2023), konflik internal ini sering kali menyebabkan munculnya emosi negatif seperti rasa bersalah, penyesalan, atau kemarahan, yang memotivasi seseorang untuk menyesuaikan perilaku mereka agar sesuai dengan kepercayaan yang ada. Sebagai contoh, dalam konteks pengguna teknologi pintar, jika kinerja teknologi tidak sesuai dengan ekspektasi awal, pengguna cenderung mengadopsi mekanisme untuk mengurangi dissonance, seperti merasionalisasi pilihan mereka atau bahkan berhenti menggunakan teknologi tersebut.

*Cognitive Dissonance Theory* juga relevan dalam memahami bagaimana informasi yang berlawanan dengan kepercayaan dapat mendorong perubahan sikap. Studi oleh (Yahya & Sukmayadi, 2020) menunjukkan bahwa ketika orang dihadapkan pada informasi yang bertentangan dengan kepercayaan mereka, mereka mengalami dissonance dan sering kali mengubah perspektif mereka untuk mengurangi ketegangan tersebut. Ini sering terlihat pada isu-isu sosial atau lingkungan di mana kepercayaan yang

bertentangan dengan data ilmiah mendorong perubahan dalam pandangan atau perilaku.

Pendekatan psikofisiologis terhadap CDT menunjukkan bahwa respons tubuh juga terlibat dalam pengurangan dissonance. Studi oleh (Ploger et al., 2021) menggunakan pengukuran konduktansi kulit untuk menilai "dissonance arousal" dan variabilitas detak jantung untuk mengevaluasi proses pengurangan dissonance. Temuan mereka menunjukkan bahwa ketegangan fisiologis dapat mencerminkan ketidaknyamanan dissonance, yang mendukung premis Festinger bahwa dissonance adalah keadaan ketegangan psikologis dan fisiologis.

Lebih lanjut, dissonance dapat menjadi alat yang efektif dalam pendidikan untuk merangsang perubahan perilaku dan sikap siswa. Misalnya, (Widarti et al., 2021) mengadopsi strategi pembelajaran berbasis representasi ganda melalui dissonance kognitif untuk mengurangi miskonsepsi siswa dalam analisis volumetrik. Pendekatan ini terbukti efektif karena menempatkan siswa dalam kondisi dissonance, mendorong mereka untuk merefleksikan dan mengubah pemahaman mereka agar sesuai dengan konsep ilmiah yang benar.

Pada konteks pendidikan lingkungan, *Cognitive Dissonance Theory* dapat diterapkan untuk meningkatkan sensitivitas dan kepedulian siswa terhadap isu-isu lingkungan. Dengan memberikan informasi yang bertentangan dengan keyakinan atau perilaku siswa mengenai dampak lingkungan, pendidik dapat menciptakan dissonance yang mendorong siswa untuk merefleksikan dan menyesuaikan sikap mereka. Misalnya, guru dapat mengajak siswa untuk membandingkan perilaku konsumsi mereka dengan konsekuensi lingkungan yang nyata, seperti polusi atau perubahan iklim, sehingga mereka merasakan tekanan untuk menyesuaikan perilaku agar lebih ramah lingkungan. Strategi ini memungkinkan pembelajaran berbasis nilai dan dapat meningkatkan komitmen siswa dalam praktik keberlanjutan.

k. **Teori Hubungan Manusia-Lingkungan  
(Human-Environment Interaction Theory)**

*Human-Environment Interaction Theory* (HEIT) mengeksplorasi hubungan timbal balik antara manusia dan lingkungan mereka, termasuk bagaimana manusia beradaptasi, memengaruhi, dan dipengaruhi oleh lingkungan alam. Teori ini seringkali digunakan untuk memahami dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan, seperti dalam studi ekologi, ilmu lingkungan, dan geografi manusia. Menurut (Crabtree et al., 2023) interaksi manusia-lingkungan dipengaruhi oleh aliran informasi yang ada dalam masyarakat. Penggunaan sumber daya yang berkelanjutan atau tidak berkelanjutan seringkali bergantung pada ketersediaan dan kualitas informasi tentang ekosistem di sekitar mereka. Mereka mengembangkan model *Environmental Information Flow and Perception (EnIFPe)* untuk mengevaluasi bagaimana masyarakat memproses informasi ekologis dalam skala spasial dan temporal yang berbeda, menunjukkan bahwa keterbatasan informasi sering menjadi penghalang dalam praktik berkelanjutan.

Interaksi manusia dan lingkungan memiliki konsekuensi yang mendalam, termasuk potensi degradasi lingkungan yang dapat mengancam keberlanjutan. (Albers et al., 2020) mencatat bahwa keputusan manusia terkait penggunaan lahan dan interaksi dengan alam mempengaruhi konservasi dan risiko penyakit zoonotik. Dalam beberapa kasus, aktivitas seperti deforestasi atau perdagangan satwa liar meningkatkan risiko penyakit dan kerusakan keanekaragaman hayati, yang menunjukkan perlunya kebijakan berbasis konservasi yang mempertimbangkan interaksi manusia-lingkungan secara holistic. Hal ini menunjukkan bahwa praktik konservasi harus mempertimbangkan faktor sosial, ekonomi, dan lingkungan untuk mencapai hasil yang berkelanjutan.

HEIT juga menjelaskan pentingnya perspektif temporal dan spasial dalam memahami efek interaksi manusia terhadap lingkungan. Menurut (Y. Han et al., 2022), model berbasis agen digunakan untuk mensimulasikan bagaimana masyarakat

beradaptasi terhadap risiko banjir melalui interaksi dengan alam dan membuat keputusan mitigasi risiko berdasarkan pengalaman banjir sebelumnya. Temuan ini menekankan pentingnya pemahaman skala waktu dan ruang dalam strategi adaptasi yang lebih baik, yang memperkuat ketahanan komunitas terhadap bencana alam.

Pendekatan HEIT menekankan pula pada penggunaan data pemetaan dan penginderaan jarak jauh untuk memonitor perubahan lingkungan sebagai respons terhadap aktivitas manusia. (Lam et al., 2022) mengamati bahwa penginderaan jauh memungkinkan peneliti memetakan perubahan bentang alam dan menilai risiko lingkungan. Data ini memungkinkan prediksi transformasi sosial-lingkungan yang potensial, dan memberikan informasi bagi perencanaan kebijakan yang mendukung ketahanan komunitas terhadap perubahan iklim dan bencana.

Lebih lanjut, pendekatan dinamis ekologi digunakan untuk memahami interaksi manusia-lingkungan, terutama dalam konteks aktivitas olahraga petualangan. Menurut (Immonen et al., 2022) pendekatan ini menekankan pada penyesuaian manusia terhadap tantangan lingkungan melalui proses pengambilan keputusan dan keterampilan adaptif. Penelitian ini menunjukkan bahwa pemahaman yang komprehensif tentang interaksi manusia-lingkungan di berbagai konteks dapat memperkaya penelitian dan praktik dalam bidang pendidikan serta keberlanjutan.

Penerapan *Human-Environment Interaction Theory* dalam Pendidikan dapat membantu meningkatkan sensitivitas dan kepedulian siswa terhadap isu-isu lingkungan. Dengan memperkenalkan siswa pada konsep interaksi manusia-lingkungan, mereka dapat memahami bagaimana tindakan sehari-hari mereka memengaruhi ekosistem. Misalnya, proyek-proyek sekolah yang melibatkan pengelolaan sumber daya atau pemantauan dampak lingkungan dapat memberikan wawasan praktis mengenai keterkaitan antara perilaku manusia dan keberlanjutan ekosistem. Pembelajaran berbasis proyek yang menekankan pada interaksi

manusia-lingkungan dapat mendorong siswa untuk mengadopsi sikap yang lebih bertanggung jawab dan proaktif dalam menjaga lingkungan (Albers et al., 2020; Crabtree et al., 2023).

Penerapan teori *Human-Environment Interaction Theory* (HEIT), *Social Information Processing Theory* (SIPT), *Social Cognitive Theory* (SCT), *Cognitive Dissonance Theory* (CDT), dan *Moral Emotions Theory* dalam penyusunan instrumen pengukuran sensitivitas dan kepedulian pelajar terhadap isu-isu lingkungan di Kota Pekalongan dijadikan sebagai landasan yang komprehensif dalam penelitian ini. Teori-teori ini mengarahkan pada aspek perilaku, kognitif, dan emosional yang mempengaruhi cara pelajar merespons isu lingkungan seperti abrasi pantai, banjir, rob, masalah sampah, pencemaran limbah, dan penurunan tanah. HEIT membantu dalam menyusun instrumen yang mengukur pemahaman pelajar tentang dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan serta persepsi mereka terhadap tanggung jawab dalam mitigasi kerusakan lingkungan. Dengan mempertimbangkan HEIT, instrumen mencakup pertanyaan yang menggali pemahaman pelajar mengenai dampak tindakan mereka dalam konteks lokal. Sementara itu, SIPT membantu mengukur bagaimana pelajar memproses informasi sosial terkait dampak isu lingkungan, termasuk kemampuan mereka untuk menerima informasi yang relevan dan bertindak secara adaptif terhadap tantangan lingkungan yang ada.

SCT, CDT, dan *Moral Emotions Theory* berperan dalam mengukur aspek-aspek motivasi intrinsik, pengambilan keputusan, dan respon emosional pelajar terhadap isu-isu lingkungan di Kota Pekalongan. SCT berkontribusi pada penyusunan item yang mengukur kepercayaan diri pelajar (*self-efficacy*) dalam mengambil tindakan pro-lingkungan, misalnya melalui pertanyaan tentang kesiapan mereka untuk mengurangi sampah atau terlibat dalam proyek lingkungan. CDT, di sisi lain, memberikan arahan untuk mengukur tingkat ketidaknyamanan atau dissonance yang dirasakan pelajar ketika mengetahui bahwa kebiasaan atau perilaku mereka mungkin merugikan lingkungan. *Moral Emotions*

Theory memungkinkan instrumen untuk menangkap reaksi emosional pelajar, seperti rasa bersalah atau bangga, terkait perilaku mereka terhadap isu lingkungan. Pertanyaan yang berdasarkan teori ini dapat mencakup skala untuk mengukur kepedulian moral pelajar, misalnya bagaimana mereka merasa terdorong untuk bertindak karena kepedulian terhadap komunitas mereka. Menggunakan pendekatan multi-teori ini, instrumen penelitian ini dirancang untuk mengukur sensitivitas dan kepedulian pelajar terhadap berbagai aspek isu lingkungan, dari pengetahuan dan pemahaman hingga respons emosional dan motivasi untuk bertindak. (*Instrumen penelitian terlampir*)

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. JENIS DAN PENDEKATAN PENELITIAN**

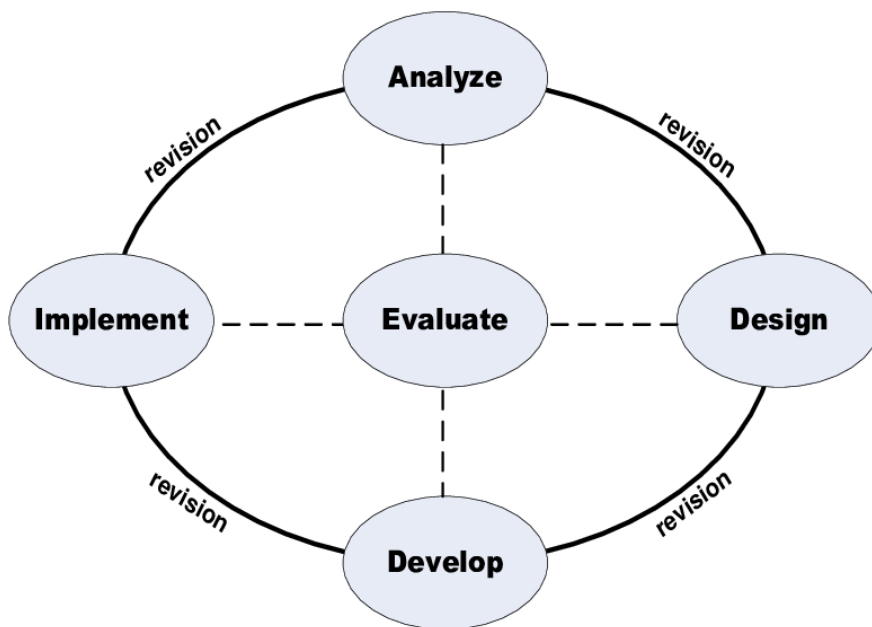
Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE (*Analyze, Design, Develop, Implement, and Evaluate*) (Branch, 2009). Adapun model pembelajaran yang dikembangkan menggunakan kerangka kerja *Technology Enhanced Learning* (TEL) (McKenney & Kali, 2017) dan konsep pembelajaran universal. Tahapan dan kegiatan yang dilakukan yaitu:

1. Tahap Analisis
  - a. Mengidentifikasi tantangan lingkungan spesifik yang dihadapi Kota Pekalongan (abrasi pantai, genangan, pencemaran air, sampah).
  - b. Menentukan tujuan pembelajaran: Meningkatkan kepekaan dan kepedulian siswa terhadap lingkungan.
  - c. Mengkaji target audiens: Siswa di sekolah-sekolah di Kota Pekalongan
  - d. Analisis sumber daya yang ada dan infrastruktur teknologi yang tersedia di sekolah
2. Tahap Desain
  - a. Merancang kegiatan dan materi pembelajaran yang disesuaikan untuk mengatasi tantangan lingkungan yang teridentifikasi.
  - b. Mengintegrasikan alat dan sumber daya teknologi yang sesuai dengan lingkungan pembelajaran (misalnya presentasi multimedia, simulasi online, kuis interaktif).
  - c. Mengembangkan kurikulum terstruktur atau rencana pembelajaran yang menggabungkan pengetahuan teoretis dan penerapan praktis konsep lingkungan.
  - d. Menyusun/membuat metode dan instrumen penilaian untuk mengukur pemahaman dan keterlibatan siswa dengan konten pembelajaran.



3. Tahap Pengembangan
  - a. Mengembangkan bahan dan sumber pembelajaran berbasis teknologi sesuai spesifikasi desain
  - b. Membuat presentasi multimedia interaktif, video, simulasi virtual, dan modul online
  - c. Membuat pengguna antarmuka (user interface) yang ramah pengguna untuk mengakses materi pembelajaran dan melacak kemajuan belajar.
  - d. Mengembangkan alat penilaian seperti tes, kuis, tugas, dan pedoman proyek
4. Tahap Implementasi
  - a. Menerapkan model pembelajaran adaptasi lingkungan berbasis teknologi di sekolah-sekolah sampel (pilot project) berdasarkan jenjang pendidikan (SD, SMP, SMA) di Kota Pekalongan
  - b. Memberikan pelatihan dan dukungan bagi guru untuk secara efektif mengintegrasikan model ke dalam praktik pengajaran mereka
  - c. Memantau proses implementasi dan mengumpulkan umpan balik dari siswa dan guru
  - d. Menyesuaikan model berdasarkan umpan balik dan observasi untuk mengoptimalkan efektivitas
5. Tahap Evaluasi
  - a. Mengevaluasi efektivitas model pembelajaran dalam meningkatkan kepekaan dan kepedulian siswa terhadap lingkungan
  - b. Menilai retensi pengetahuan, perubahan sikap, dan perilaku siswa terhadap masalah lingkungan.
  - c. Mengumpulkan umpan balik dari siswa, guru, dan pemangku kepentingan lain (stakeholders) yang terlibat dalam penerapan.
  - d. Menganalisis data penilaian dan umpan balik kualitatif dan kuantitatif untuk mengidentifikasi kekuatan dan area yang perlu ditingkatkan.
  - e. Menggunakan hasil evaluasi untuk menyempurnakan dan mengulangi model pembelajaran untuk siklus implementasi di masa depan

Penerapan kerangka model TEL dan ADDIE ini, diyakini bahwa pengembangan dan penerapan model pembelajaran adaptasi lingkungan berbasis teknologi dapat dilakukan secara sistematis, iteratif, dan efektif untuk menjawab permasalahan penelitian di Kota Pekalongan. Secara umum, penelitian ini menggunakan pendekatan campuran (*mix method*) kuantitatif dan kualitatif dalam pengumpulan dan analisis data hasil penelitian (Leavy & Patricia, 2017).



**Gambar 3.1 Alur pengembangan model dan materi pembelajaran menggunakan model ADDIE (Branch, 2009)**

## **B. TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN**

Penelitian ini dilaksanakan di Kota Pekalongan yang dilaksanakan selama 6 (enam) bulan, mulai pada bulan Juni sampai dengan November 2024

## **C. MODEL DAN MATERI YANG AKAN DIKEMBANGKAN**

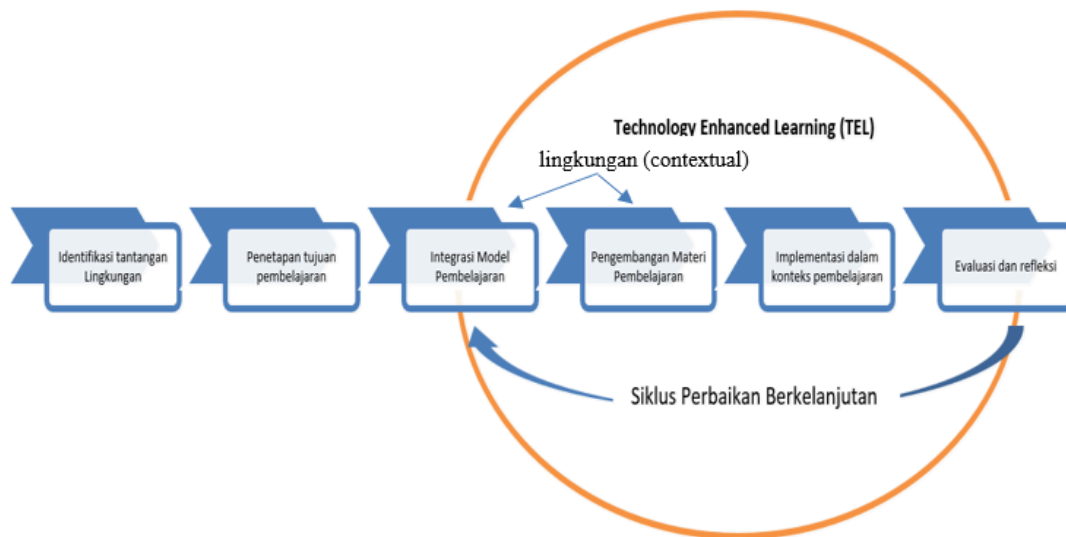
Model pembelajaran yang akan dikembangkan dalam penelitian ini adalah model *Integrated Learning Environment Adaptation-Technology Based* (MODEL-G) atau model pengintegrasian isu-isu lingkungan ke dalam materi

pembelajaran berbasis teknologi, yaitu model yang mengintegrasikan berbagai model pembelajaran yang berpusat pada siswa dan disesuaikan dengan materi pembelajaran yang dirancang adaptif terhadap lingkungan berbasis teknologi.

Konsep ini mencakup penggabungan beberapa elemen-elemen sebagai berikut:

1. *Integrasi Kurikulum*: Mengintegrasikan kurikulum dari berbagai mata pelajaran atau disiplin ilmu untuk menciptakan pengalaman pembelajaran yang holistik dan terpadu.
2. *Pembelajaran Berbasis Lingkungan*: Menyelaraskan pembelajaran dengan lingkungan fisik dan sosial siswa, serta memanfaatkan lingkungan sebagai sumber belajar.
3. *Adaptasi*: Mengadaptasi pembelajaran untuk memenuhi kebutuhan, minat, dan tingkat kesiapan siswa, serta menyesuaikan model dan strategi pembelajaran dengan kondisi lingkungan yang berubah.
4. *Pembelajaran dengan Berbasis Proyek*: Menggunakan pendekatan proyek dalam pembelajaran, di mana siswa terlibat dalam proyek-proyek yang berorientasi pada solusi untuk tantangan lingkungan di sekitar mereka.
5. *Keterlibatan Komunitas*: Melibatkan komunitas lokal dalam proses pembelajaran, baik sebagai sumber pengetahuan maupun mitra dalam mengatasi masalah lingkungan yang relevan.
6. *Penggunaan Teknologi*: Memanfaatkan teknologi dalam pembelajaran untuk mendukung pengalaman belajar yang interaktif, kolaboratif, dan relevan dengan konteks lingkungan siswa.

Langkah-langkah pembelajaran menggunakan model *Integrated Learning Environment Adaptation* Berbasis Teknologi (MODEL-G), dapat digambarkan sebagai berikut:



**Gambar 3.2 Rancangan awal prototype Model-G yang akan dikembangkan**

Keterangan gambar:

1. *Identifikasi tantangan lingkungan*: Tahap pertama adalah mengidentifikasi tantangan lingkungan yang dihadapi oleh suatu wilayah atau komunitas tertentu, seperti Kota Pekalongan. Hal ini mencakup masalah seperti abrasi pantai, pencemaran air, atau perubahan iklim.
2. *Penetapan tujuan pembelajaran*: Setelah tantangan lingkungan diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah menetapkan tujuan pembelajaran yang jelas dan spesifik. Tujuan ini harus mencakup pemahaman tentang tantangan lingkungan yang dihadapi dan kemampuan untuk merancang solusi adaptasi lingkungan.
3. *Integrasi model pembelajaran*: Model pembelajaran seperti Pembelajaran Berbasis Proyek (*Project-Based Learning*), Pembelajaran Berbasis Masalah (*Problem-Based Learning*), Pembelajaran Berbasis Simulasi (*Simulation Based Learning*), dan Pembelajaran Kolaboratif (*Collaborative Learning*) akan diintegrasikan untuk menciptakan pengalaman pembelajaran yang holistik dan bermakna.
4. *Pengembangan materi pembelajaran*: Berdasarkan integrasi model pembelajaran, materi pembelajaran yang sesuai akan dikembangkan. Materi pembelajaran akan mencakup informasi tentang tantangan

lingkungan, teknologi yang dapat digunakan untuk mengatasi tantangan tersebut, dan langkah-langkah praktis untuk merancang solusi adaptasi lingkungan.

5. *Implementasi dalam konteks pembelajaran*: Model pembelajaran yang dikembangkan akan diimplementasikan di lingkungan pembelajaran, baik itu di sekolah maupun di luar sekolah. Guru atau fasilitator akan memandu siswa melalui serangkaian aktivitas pembelajaran yang dirancang untuk mencapai tujuan pembelajaran.
6. *Evaluasi dan Refleksi*: Evaluasi dilakukan untuk mengevaluasi pencapaian tujuan pembelajaran, memperbaiki kelemahan, dan mengidentifikasi area untuk pengembangan lebih lanjut. Refleksi terhadap proses pembelajaran juga penting untuk memastikan pembelajaran yang berkelanjutan.
7. *Siklus Perbaikan Berkelanjutan*: Model pembelajaran dapat disempurnakan dan ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan dan tantangan lingkungan yang terus berubah. Ini melibatkan siklus perbaikan berkelanjutan berdasarkan hasil evaluasi dan refleksi.

#### D. POPULASI DAN SAMPEL

Populasi penelitian ini adalah seluruh SD, SMP dan SMA di Kota Pekalongan sebanyak 144 Sekolah, dengan rincian sebagaimana tabel 3.1 berikut:

**Tabel 3.1 Data Sekolah Kota Pekalongan (DAPODIK Semester Ganjil 2024/2025)**

| No | Wilayah                 | SD         |           |           | SMP       |           |           | SMA       |          |          |
|----|-------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
|    |                         | Jml        | N         | S         | Jml       | N         | S         | Jml       | N        | S        |
| 1  | Kec. Pekalongan Barat   | 31         | 22        | 9         | 5         | 4         | 1         | 0         | 0        | 0        |
| 2  | Kec. Pekalongan Timur   | 28         | 17        | 11        | 11        | 5         | 6         | 6         | 1        | 5        |
| 3  | Kec. Pekalongan Utara   | 27         | 18        | 9         | 9         | 6         | 3         | 3         | 2        | 1        |
| 4  | Kec. Pekalongan Selatan | 17         | 14        | 3         | 5         | 2         | 3         | 2         | 1        | 1        |
|    | <b>Total</b>            | <b>103</b> | <b>71</b> | <b>32</b> | <b>30</b> | <b>17</b> | <b>13</b> | <b>11</b> | <b>4</b> | <b>7</b> |

Sumber: <https://dapo.kemdikbud.go.id/sp/2/036400>

Penelitian ini menggunakan *purposive sampling* sebagaimana diuraikan oleh (Creswell, 2012), yaitu teknik pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu untuk memenuhi tujuan penelitian. Sampel terdiri dari

3 sekolah, masing-masing mewakili jenjang pendidikan SD, SMP, dan SMA. Pemilihan ini dilakukan untuk memastikan bahwa model pembelajaran yang dikembangkan dapat diimplementasikan secara adaptif di semua jenjang pendidikan, dengan menyesuaikan kebutuhan siswa dan kompleksitas pembelajaran di setiap tingkat. Penetapan 3 sekolah dilakukan berdasarkan kriteria yang meliputi kesesuaian karakteristik sekolah dengan tujuan penelitian, keterbukaan terhadap teknologi, dan relevansi dengan isu-isu lingkungan lokal.

Sekolah-sekolah yang dipilih adalah SDN Panjang Wetan 2, SMP Negeri 2 Pekalongan, dan SMA Negeri 4 Pekalongan. Pemilihan SDN Panjang Wetan 2 didasarkan pada lokasinya yang berada di wilayah terdampak banjir rob, sehingga siswa dapat belajar langsung dari permasalahan lingkungan di sekitar mereka. SMP Negeri 2 Pekalongan dipilih karena memiliki program ekstrakurikuler yang mendukung pengelolaan lingkungan, seperti bank sampah dan penghijauan sekolah, serta sarana teknologi yang memadai. Sementara itu, SMA Negeri 4 Pekalongan dipilih karena memiliki laboratorium dan fasilitas yang memungkinkan pembelajaran berbasis teknologi, serta lokasinya yang dekat dengan daerah terdampak limbah batik, menjadikan sekolah ini relevan untuk pembelajaran berbasis proyek.

Penetapan sampel ini dilakukan untuk memastikan keberagaman kondisi sekolah sehingga model yang dikembangkan dapat diuji secara komprehensif. Dengan pendekatan ini, penelitian dapat mengukur efektivitas model pembelajaran pada berbagai jenjang pendidikan dalam konteks isu lingkungan yang nyata. Selain itu, pemilihan sekolah dengan karakteristik tersebut mendukung integrasi teknologi dan pembelajaran berbasis proyek yang menjadi inti dari Model-G, memastikan hasil penelitian relevan dengan kondisi pendidikan dan lingkungan di Kota Pekalongan.

## **E. METODE DAN TEKNIK PENGUMPULAN DATA**

Metode pengumpulan data yang digunakan adalah metode angket, wawancara, observasi dan *focus group discussion* (FGD) (Flick, 2018; Phillips & Stawarski, 2008; Tedlock, 2005). Adapun teknik pengumpulan data menyesuaikan dengan metode yang digunakan yaitu kuesioner (angket), pedoman wawancara, pedoman observasi dan konten *focus group discussion*.

Materi pertanyaan dan diskusi didasarkan pada teori dan variabel yang diteliti (*intrumen penelitian terlampir*).

**Tabel 3.2 Teknik Pengumpulan Data, Sasaran, Tujuan dan Jenis Data**

| No. | Teknik Pengumpulan Data      | Sasaran   | Tujuan   | Jenis Data   |
|-----|------------------------------|---|--|--|
| 1   | Angket                       | Siswa di sekolah sampel: SDN Panjang Wetan 2, SMP Negeri 2 Pekalongan, SMA Negeri 4 Pekalongan. | Mengukur pemahaman siswa tentang isu lingkungan sebelum dan sesudah penerapan model. | Data kuantitatif berupa hasil skala Likert pada aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik. |
|     |                              |   | Menilai perubahan sikap siswa terhadap lingkungan.                                   |  |
|     |                              |   | Mengidentifikasi keterampilan siswa dalam menggunakan teknologi.                     |  |
| 2   | Wawancara                    | Guru: Memahami tantangan dan kebutuhan dalam implementasi model.                                | Menggali pandangan mendalam tentang efektivitas model.                               | Data kualitatif berupa transkrip wawancara mendalam.                                       |
|     |                              | Kepala Sekolah: Mengetahui dukungan institusional dan kesiapan infrastruktur.                   | Mendapatkan informasi kontekstual terkait kondisi lingkungan dan pembelajaran.       |  |
|     |                              | Komunitas Lokal: Mendapatkan relevansi pembelajaran dengan kebutuhan masyarakat.                |  |  |
| 3   | Focus Group Discussion (FGD) | Perwakilan guru, siswa, kepala sekolah, masyarakat lokal.                                       | Membahas keefektifan sintaks Model-G.  | Data kualitatif berupa catatan diskusi, rekomendasi, dan konsensus dari peserta FGD.       |
|     |                              |   | Mendapatkan masukan untuk penyempurnaan model dan materi pembelajaran.               |  |
|     |                              |   | Mencari solusi atas kendala implementasi.  |  |

## F. METODE ANALISIS DATA

Jenis data yang diperoleh dijadikan pertimbangan ketika menganalisis data yang telah dikumpulkan untuk penelitian ini. Analisis statistik deskriptif akan digunakan untuk menganalisis data primer (data kuantitatif), mengukur nilai sentralitas setiap variabel. Secara spesifik, skor maksimum dan minimum, rata-rata ideal ( $M_i$ ), dan standar deviasi ideal ( $SD_i$ ) dihitung dengan rumus sebagai berikut:  $M_i = \frac{1}{2}$  (skor ideal maksimum + skor minimum ideal) dan  $SD_i = \frac{1}{6}$  (skor ideal maksimum skor – skor minimum ideal). Kriteria berikut untuk mengkategorikan hasil penelitian. (Gunawan, 2015).

**Tabel 3.3 Pedoman Konversi Tingkat Efektifitas Model dan Materi Pembelajaran Terintegrasi Isu-isu Lingkungan Berbasis Teknologi**

| Kriteria                                | Kualifikasi          |
|---|----------------------|
| $> (M_i + 1,5SD_i)$                     | Sangat Efektif       |
| $(M_i + 0,5SD_i)$ s/d $(M_i + 1,5SD_i)$ | Efektif              |
| $(M_i - 0,5SD_i)$ s/d $(M_i + 0,5SD_i)$ | Cukup                |
| $(M_i - 1,5SD_i)$ s/d $(M_i - 0,5SD_i)$ | Tidak Efektif        |
| $< (M_i - 1,5SD_i)$                     | Sangat Tidak efektif |

Keterangan:

$M_i$  = rata-rata ideal

=  $\frac{1}{2}$  (skor maksimum ideal + skor minimum ideal)

$SD_i$  = simpangan baku ideal

=  $\frac{1}{6}$  (skor maksimum ideal – skor minimum ideal)

Selanjutnya, pengujian dampak/pengaruh model dan materi pembelajaran adaptasi lingkungan berbasis teknologi terhadap sensitivitas dan kepedulian pelajar dilakukan dengan uji-t sampel berpasangan, dengan rumus matematika:

$$t = \frac{\bar{d}}{\frac{s_d}{\sqrt{n}}}$$

Di mana:

$\bar{d}$  = Rata-rata selisih antara pasangan data

$s_d$  = Simpangan baku selisih pasangan data

$n$  = Jumlah pasangan data



Data sekundernya (data kualitatif) akan dianalisis dengan model analisis interaktif yang dikembangkan oleh (Miles & Huberman, 1994). Analisis data kualitatif meliputi empat komponen analisis yang dilakukan dengan model ini, yaitu pengumpulan data, reduksi data, display data, dan penarikan kesimpulan/verifikasi.

1. Pengumpulan Data

Catatan lapangan merupakan catatan data yang dikumpulkan melalui observasi, wawancara, metode dokumentasi lainnya. Selain pernyataan informan, catatan lapangan juga memuat interpretasi peneliti terhadap informasi responden.

2. Reduksi Data

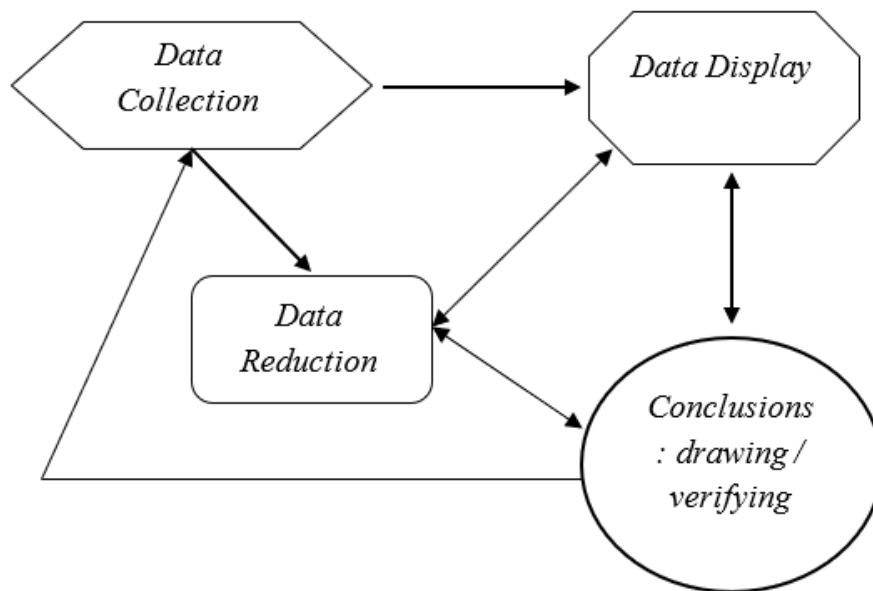
Reduksi data diperlukan karena sebagian besar data masing-masing informan harus dihilangkan atau dikurangi karena dianggap tidak berhubungan dengan topik utama penelitian. Pemilihan item utama yang selaras dengan tujuan penelitian memungkinkan dilakukannya reduksi data. Data yang direduksi akan memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai subjek observasi yang telah diteliti dalam penelitian.

3. Display Data

Materi yang diringkas kemudian ditampilkan dalam bentuk tabel, gambar, atau tulisan yang telah disusun secara metodis. Hal ini membuat data mudah dipahami dan memudahkan proses penarikan kesimpulan.

4. Penarikan Kesimpulan/ Verifikasi

Dari sekian banyak langkah yang dilakukan, mulai dari prosedur pengumpulan data hingga pengambilan kesimpulan dan verifikasi. Artinya sampai tidak ada lagi data atau informasi dari objek yang diteliti, maka kesimpulan yang diambil akan divalidasi berdasarkan data yang dikumpulkan secara terus menerus..



**Gambar 3.3 Components of Data Analysis: Interactive Model (Miles & Huberman, 1994)**

Gambar 3.3 di atas menunjukkan bahwa dalam menganalisis data pada penelitian ini terdiri dari beberapa proses, yaitu mulai dari pengumpulan data sesuai teknik yang ditentukan. Selama proses pengumpulan data tersebut juga dilakukan reduksi data untuk menajamkan, menggolongkan, mengarahkan, mengorganisir, sehingga dapat dibuat kesimpulan dan verifikasi. Selanjutnya menyajikan data (*display data*) dalam bentuk yang sistematis kemudian diakhiri dengan penarikan kesimpulan atau verifikasi. Hasilnya kemudian dikaitkan dengan hasil analisis statistic deskriptif dengan kriteria yang ditetapkan dalam langkah-langkah editing, koding, dan tabulasi.

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Bab IV ini memaparkan hasil dari setiap tahapan penelitian, mulai dari analisis kebutuhan dan kondisi sekolah di Kota Pekalongan, desain dan pengembangan model serta materi pembelajaran, hingga implementasi dan evaluasi terhadap efektivitas model tersebut. Temuan ini diuraikan secara sistematis untuk mengidentifikasi sejauh mana model pembelajaran yang diintegrasikan dengan isu-isu lingkungan mampu meningkatkan sensitivitas dan kepedulian siswa terhadap lingkungan sekitar mereka. Selain itu, pembahasan dalam bab ini juga mencakup evaluasi kritis terhadap kekuatan dan kelemahan dari penerapan model tersebut di berbagai jenjang pendidikan.

#### **A. HASIL PENELITIAN**

Berdasarkan model penelitian pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini, akan diuraikan temuan-temuan penelitian pada setiap tahapan yaitu *Analyze, Design, Develop, Implement, and Evaluate* (ADDIE).

##### **1. Tahap Analisis (*Analyze*)**

Pada tahap **Analyze** (tahap awal) dalam penelitian ini, dilakukan untuk menganalisis kebutuhan serta identifikasi kondisi sekolah-sekolah di Kota Pekalongan terkait dengan integrasi isu-isu lingkungan dalam pembelajaran berbasis teknologi. Temuan pada tahap ini meliputi beberapa aspek penting:

###### **a. Identifikasi Masalah Lingkungan yang Relevan**

Analisis mengungkap bahwa isu-isu lingkungan utama di Kota Pekalongan terdiri dari **limbah industri batik, banjir-rob, abrasi pantai**, permasalahan sampah serta **penurunan muka tanah (*land subsidence*)**. Isu-isu ini menjadi masalah yang sangat mendesak, terutama karena Kota Pekalongan merupakan daerah pesisir yang terdampak parah oleh perubahan iklim dan polusi industri. Sebagaimana juga dilaporkan oleh BPBD Kota Pekalongan tahun 2023 yang lalu.

**Tabel 4.1 Potensi Penduduk Terpapar Bencana di Kota Pekalongan**

| No | Jenis Bencana | Penduduk terpapar (jiwa) | Kelompok Rentan (Jiwa) |                 |             | Kelas  |
|----|---------------|--------------------------|------------------------|-----------------|-------------|--------|
|    |               |                          | Disabilitas            | Penduduk Miskin | Umur Rentan |        |
| 1  | Abrasi        | 2.287                    | 9                      | 279             | 932         | Tinggi |
| 2  | Banjir        | 318.983                  | 803                    | 38.011          | 112.254     | Tinggi |
| 3  | Banjir-Rob    | 247.893                  | 635                    | 29.683          | 84.405      | Tinggi |
| 4  | Cuaca Ekstrim | 318.983                  | 803                    | 38.011          | 112.254     | Tinggi |
| 5  | Tanah Longsor | 1.827                    | 7                      | 208             | 750         | Tinggi |
| 6  | Multibahaya   | 318.983                  | 803                    | 38.011          | 112.254     | Tinggi |

Sumber: BPBD Kota Pekalongan, 2023

Data dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Pekalongan, sekitar 80% limbah cair dari industri batik tidak dikelola dengan baik dan mencemari sungai-sungai di sekitar kota, menyebabkan penurunan kualitas air dan berdampak negatif pada ekosistem. Data juga menunjukkan bahwa jumlah limbah padat yang dihasilkan oleh industri dan rumah tangga juga terus meningkat, dengan sekitar 60% dari total sampah yang dihasilkan tidak dikelola secara efektif.

Selain itu, laporan dari Dinas Lingkungan Hidup juga mencatat bahwa banjir-rob yang terjadi setidaknya tiga kali dalam setahun menyebabkan kerugian ekonomi dan kesehatan bagi warga. Sekitar 30% wilayah Kota Pekalongan, terutama daerah pesisir, rentan terhadap abrasi yang dapat merusak infrastruktur dan tempat tinggal. Penurunan muka tanah di kawasan tersebut, yang mencapai rata-rata 10cm per tahun, turut memperparah kondisi ini.

Berdasarkan data ini, sangat jelas bahwa masalah-masalah lingkungan di Kota Pekalongan bersifat mendesak dan kompleks. Oleh karena itu, penting untuk memasukkan isu-isu tersebut ke dalam materi pembelajaran agar siswa tidak hanya sekadar menghafal dan memahami materi pelajaran, tetapi juga terlibat langsung dalam upaya mitigasi dan penyelesaian masalah lingkungan. Pendekatan ini akan membekali siswa dengan pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan untuk menjadi agen perubahan yang proaktif dalam menjaga kelestarian lingkungan di daerah mereka.

b. **Kesiapan Sekolah dalam Mengintegrasikan Isu Lingkungan.**

Peneliti menemukan bahwa sebagian besar sekolah di Kota Pekalongan belum sepenuhnya mengintegrasikan isu-isu lingkungan ke dalam kurikulum. Dinas Pendidikan Kota Pekalongan menyebutkan bahwa pendidikan lingkungan telah menjadi satu program wajib yang masuk dalam perencanaan pendidikan, dan sudah dilaksanakan di semua sekolah, terutama jenjang pendidikan dasar (SD-SMP). Salah seorang pejabat di Dinas Pendidikan Kota Pekalongan mengatakan:

*"Pendidikan lingkungan sudah masuk menjadi bagian kurikulum atau pembelajaran, mulai dari taman kanak-kanak sampai SMP dan SMA."* Ungkapnya, sambil menunjukkan buku-buku modul proyek penguatan profil pelajar Pancasila, dengan tema-tema isu-isu lingkungan sebagaimana diuraikan sebelumnya. Namun, konsep pembelajaran isu-isu lingkungan yang dimaksudkan disini adalah pembelajaran isu-isu lingkungan yang berdiri sendiri, tidak masuk menjadi satu kesatuan dalam materi-materi pembelajaran yang sudah ada (*existing*) dalam kurikulum, seperti Matematika, Fisika, Kimia, Biologi, IPS, dan lain sebagainya.

Wawancara dengan beberapa Kepala Sekolah dan guru juga menunjukkan pemahaman yang sama dengan apa yang diungkap oleh Dinas Pendidikan Kota Pekalongan, bahkan sebagian besar guru terlihat bingung saat diskusi tentang pengintegrasian isu-isu lingkungan ke dalam mata pelajaran yang sudah ada.

*"Saya belum punya bayangan, bagaimana memasukkan isu-isu lingkungan ke dalam pelajaran matematika, IPS dan lainnya. Selain itu, guru-guru sudah terlalu banyak tugas administrative yang dibebankan oleh Pemerintah"* Kata seorang Kepala Sekolah yang ditemui di ruangannya. Pernyataan yang serupa juga diungkap oleh Kepala Sekolah di kecamatan yang berbeda. *"Sekolah sekarang ini seakan tempat uji coba dan pelaksanaan program, ada program sekolah sehat, program lingkungan, program bencana, literasi dan masih banyak lagi*

*program lainnya, hampir semua dinas rata-rata memiliki program di sekolah. Mau tidak mau kita laksanakan juga, tapi waktu yang dimiliki guru untuk mengembangkan dirinya menjadi sangat terbatas.”*

Wawancara dengan beberapa orang guru di SD, SMP, SMA juga demikian, ketika mereka ditanya persoalan yang sama (terkait pengintegrasian isu-isu lingkungan ke dalam materi pelajaran).

*“Isu-isu lingkungan yang disebutkan dalam panduan pengintegrasian model dan materi pembelajaran, kurang sesuai dengan konteks sekolah kami. Sistem zonasi membatasi ruang dan input siswa. Ketika mereka dihadapkan pada masalah abrasi pantai atau banjir rob mereka kurang menguasai permasalahan, karena masalah yang umum dirasakan siswa adalah pendangkalan sungai akibat sampah, dan bahaya petir/halilintar”* Cerita seorang guru matematika dengan penuh semangat. Sesekali melirik Kepala Sekolah dan guru senior yang duduk di sebelahnya.

*“Itulah kenapa siswa kurang tertarik atau mengalami kesulitan saat dijelaskan menggunakan model pengintegrasian isu-isu lingkungan ke dalam materi tertentu. Kita sebagai guru juga tidak semuanya menguasai teknologi pembelajaran (learning management system) seperti google classroom, Edmodo, dan sebagainya.”* Sambungnya menutup pembicaraan.

Tidak lama setelah itu, guru senior yang sedari tadi ikut mendengarkan percakapan, ikut menimpali:

*“Perubahan aturan Pendidikan kita sekarang ini jauh berbeda efeknya dengan peraturan-peraturan sebelumnya, guru tidak dituntut untuk menghasilkan karya ilmiah, menulis buku ajar, ataupun mengembangkan soal-soal untuk mengevaluasi hasil proses pembelajaran yang dilakukan. Karya ilmiah tidak lagi menjadi syarat kenaikan pangkat.”* Ungkapnya.

Di lain tempat, salah seorang guru SD, mengatakan *“Meskipun ada semangat dari guru dan siswa, tanpa adanya panduan dan materi yang jelas, inisiatif tersebut sulit untuk dilakukan”*. Pernyataan ini, hampir sama dengan keterangan salah seorang guru SMP, *“Kami ingin mengintegrasikan isu lingkungan ke*

dalam pelajaran, namun kami kekurangan bahan ajar yang bisa membantu kami melakukannya dengan efektif. Seringkali, kami hanya mengandalkan informasi dari internet, yang belum tentu sesuai dengan konteks lokal." Dia juga mencatat bahwa pelatihan yang ada belum cukup memberikan pemahaman mendalam tentang cara menggabungkan pembelajaran berbasis lingkungan dalam setiap mata pelajaran.

Wawancara dengan orang tua siswa juga memberikan perspektif yang menarik. Salah seorang perwakilan orang tua dari SMA menyatakan, "Sebagai orang tua, kami mendukung program yang melibatkan isu lingkungan, tetapi kami juga ingin melihat lebih banyak keterlibatan dari sekolah. Kadang-kadang, proyek yang dilakukan siswa tidak disampaikan dengan baik kepada kami, sehingga kami tidak dapat berkontribusi secara aktif." Orang tua tersebut menginginkan adanya komunikasi yang lebih baik antara sekolah dan keluarga mengenai program-program yang berkaitan dengan lingkungan, sehingga mereka bisa mendukung anak-anak mereka dalam proyek-proyek tersebut.

Analisis terhadap hasil wawancara tersebut, dimasukkan ke dalam tabel 4.2 berikut, untuk memperjelas temuan penelitian.

**Tabel 4.2 Kesiapan Sekolah dalam Mengintegrasikan Isu Lingkungan**

| <b>Pihak yang Diwawancarai</b>           | <b>Keterangan/Kutipan</b>   | <b>Solusi/Rekomendasi</b>  |
|--|---|--|
| Dinas Pendidikan Kota Pekalongan         | Pendidikan lingkungan sudah menjadi program wajib di sekolah dasar hingga menengah. Namun, isu lingkungan berdiri sendiri dan tidak terintegrasi dalam pelajaran seperti Matematika atau Biologi. | Integrasikan isu lingkungan dalam mata pelajaran utama dengan modul lintas disiplin. Kembangkan panduan khusus untuk tiap jenjang. |
| Pejabat Dinas Pendidikan Kota Pekalongan | Pendidikan lingkungan telah dimasukkan dalam kurikulum, tetapi bukan sebagai satu kesatuan dengan mata pelajaran yang ada.  | Mengadakan pelatihan integrasi lintas mata pelajaran yang efektif untuk guru guna memperkuat penggabungan materi.                  |
| Kepala Sekolah                           | Kepala sekolah merasa bingung dengan pengintegrasian isu lingkungan dalam mata pelajaran seperti  | Sediakan pelatihan praktis untuk guru dalam mengintegrasikan isu   |

| <b>Pihak yang Diwawancarai</b> | <b>Keterangan/Kutipan</b>   | <b>Solusi/Rekomendasi</b>   |
|--------------------------------|---|---|
|                                | Matematika atau IPS; tugas administratif guru yang berat menjadi kendala.   | lingkungan pada materi, serta optimalkan bantuan administrasi untuk meringankan beban guru.                                     |
| Kepala Sekolah                 | Program sekolah beragam seperti sekolah sehat dan program lingkungan dari berbagai dinas menyebabkan waktu guru untuk pengembangan diri terbatas.                       | Kembangkan program terpadu yang menyederhanakan program dari berbagai dinas agar lebih fokus dan efisien.                       |
| Guru SD, SMP, SMA              | Guru merasa isu lingkungan yang tercantum dalam panduan sering tidak sesuai dengan konteks lokal; tantangan dalam menggunakan LMS seperti Google Classroom atau Edmodo. | Sesuaikan materi lingkungan dengan konteks lokal yang lebih relevan, dan lakukan pelatihan LMS khusus untuk guru.               |
| Guru Matematika                | Guru mencatat bahwa isu-isu lokal seperti pendangkalan sungai lebih relevan bagi siswa daripada isu abrasi pantai atau banjir rob.                                      | Kembangkan materi lingkungan berbasis masalah lokal sehingga lebih sesuai dan menarik bagi siswa.                               |
| Guru Senior                    | Peraturan pendidikan yang baru tidak mendorong guru untuk menghasilkan karya ilmiah atau materi ajar yang mendukung integrasi isu lingkungan.                           | Jadikan karya ilmiah dan materi ajar terkait lingkungan sebagai bagian dari syarat peningkatan kompetensi dan kenaikan pangkat. |
| Guru SD                        | Guru SD menyatakan bahwa meskipun ada semangat, kurangnya panduan jelas menghambat inisiatif pengintegrasian isu lingkungan.  | Buat panduan dan modul yang jelas untuk guru tentang integrasi isu lingkungan di semua tingkat pendidikan.                      |
| Guru SMP                       | Guru SMP menyebut kekurangan bahan ajar yang sesuai, pelatihan tidak memberikan pemahaman mendalam untuk integrasi isu lingkungan dalam pembelajaran.                   | Adakan pelatihan intensif untuk meningkatkan keterampilan guru dalam merancang materi pembelajaran berbasis lingkungan.         |
| Orang Tua Siswa SMA            | Orang tua menginginkan komunikasi yang lebih baik antara sekolah dan keluarga terkait program lingkungan untuk mendukung proyek anak-anak.                              | Tingkatkan komunikasi sekolah dengan orang tua, khususnya dalam kegiatan lingkungan, agar orang tua dapat lebih berperan aktif. |



**c. Kesiapan Teknologi di Sekolah.**

Wawancara dengan Kepala Sekolah di beberapa jenjang pendidikan menunjukkan bahwa kesiapan teknologi di sekolah masih belum optimal, khususnya dalam mendukung pembelajaran isu-isu lingkungan. Meskipun sebagian besar sekolah telah memiliki komputer dan beberapa peralatan teknologi dasar lainnya, perangkat tersebut belum cukup mendukung kebutuhan analisis lingkungan secara mendalam. Salah seorang Kepala Sekolah menyatakan, *"Kami memiliki komputer di laboratorium, tetapi perangkat lunak untuk menganalisis isu lingkungan belum tersedia. Kami hanya bisa menyediakan komputer untuk kegiatan pembelajaran umum."* Hal ini menjadi perhatian, terutama dalam upaya mengintegrasikan isu lingkungan ke dalam materi pelajaran yang menuntut pendekatan analitis yang lebih tinggi. Perangkat teknologi di sekolah belum mampu menjembatani kebutuhan pengajaran berbasis lingkungan yang semakin meningkat.

Guru-guru juga mengungkapkan pandangan serupa mengenai keterbatasan teknologi yang tersedia di sekolah. Mereka menyampaikan bahwa perangkat seperti komputer memang ada, namun tidak diimbangi dengan aplikasi atau perangkat lunak yang mendukung analisis isu lingkungan. Seorang guru SMP berkomentar, *"Kami bisa mengakses komputer, tetapi software yang dibutuhkan untuk memvisualisasikan atau memetakan dampak lingkungan tidak ada. Kami hanya menggunakan program dasar seperti Microsoft Office."* Menurut para guru, untuk memahami isu lingkungan seperti abrasi pantai atau banjir rob, siswa memerlukan perangkat lunak yang mampu memberikan gambaran konkret dan simulasi visual. Mereka berharap ada pengadaan software yang lebih mendalam, seperti yang digunakan di Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD).

Di samping itu, beberapa guru menyatakan kesulitan dalam mengoperasikan Learning Management System (LMS) atau perangkat teknologi berbasis internet lainnya. Meskipun sekolah telah berusaha melatih para guru untuk menggunakan LMS,

banyak yang merasa kesulitan dalam memanfaatkannya untuk pembelajaran berbasis lingkungan. Guru SMA menyampaikan, *"Kami sudah mendapatkan pelatihan penggunaan LMS, tapi belum ada materi atau perangkat yang mendukung pengajaran lingkungan di platform tersebut."* Kesulitan ini mengakibatkan keterbatasan dalam pengajaran isu lingkungan secara menyeluruh. Sebagian guru merasa bahwa pelatihan lebih lanjut sangat diperlukan agar bisa memaksimalkan penggunaan teknologi dalam analisis isu-isu lingkungan.

Orang tua siswa juga memberikan tanggapan mengenai kesiapan teknologi di sekolah, khususnya dalam mendukung pembelajaran lingkungan bagi anak-anak mereka. Salah satu orang tua siswa SD mengatakan, *"Kami mendukung penggunaan teknologi di sekolah, tapi kalau alat yang ada hanya komputer biasa tanpa software khusus, bagaimana anak-anak bisa belajar soal lingkungan dengan baik?"* Orang tua merasa bahwa teknologi di sekolah seharusnya mendukung siswa dalam memahami kondisi lingkungan sekitar dengan lebih mendalam, terutama dalam konteks isu lokal seperti penanganan sampah dan pencegahan banjir. Menurut mereka, sekolah perlu menambah perangkat atau aplikasi yang bisa membantu siswa melakukan analisis secara langsung.

Pandangan siswa juga menunjukkan keinginan mereka untuk lebih banyak belajar dengan teknologi yang mendukung pembelajaran lingkungan. Siswa SMA, misalnya, mengungkapkan bahwa mereka tertarik untuk belajar tentang dampak lingkungan melalui simulasi komputer. *"Kami ingin tahu bagaimana banjir bisa terjadi atau bagaimana abrasi pantai bisa dicegah, tapi kami hanya bisa membaca teori tanpa melihat simulasi nyata,"* kata seorang siswa SMA. Para siswa berharap bisa memanfaatkan teknologi seperti software pemetaan atau aplikasi simulasi agar mereka lebih memahami kondisi lingkungan secara visual. Ini menunjukkan pentingnya perangkat lunak yang lebih mendalam bagi pembelajaran lingkungan di sekolah.

Sebagian besar guru dari berbagai jenjang juga merasa bahwa alat teknologi yang ada di sekolah masih belum mencukupi untuk kebutuhan pembelajaran lingkungan. Guru SD menyatakan, *"Kami hanya punya komputer dan proyektor. Untuk mengajarkan dampak sampah atau banjir, kami butuh perangkat yang bisa menggambarkan situasi lingkungan."* Guru ini berharap adanya perangkat yang lebih canggih seperti simulasi digital yang memungkinkan siswa memahami dampak lingkungan secara visual. Mereka menilai bahwa perangkat tambahan seperti ini dapat meningkatkan minat siswa dan pemahaman mereka terhadap isu lingkungan yang lebih luas.

Kepala Sekolah lainnya menyoroti bahwa meskipun infrastruktur dasar teknologi sudah ada, dukungan terhadap pembelajaran berbasis lingkungan masih minim. *"Kami sudah memiliki komputer di ruang laboratorium, tapi tidak ada aplikasi yang spesifik untuk pembelajaran lingkungan,"* ujarnya. Kepala Sekolah ini mengusulkan adanya penambahan perangkat lunak yang bisa membantu siswa dalam melakukan analisis atau simulasi sederhana terkait isu lingkungan, seperti yang dimiliki BPBD. Menurutnya, aplikasi seperti ini akan membantu siswa tidak hanya memahami teori, tetapi juga mampu mempraktikkan pemahaman mereka.

Para orang tua berharap agar sekolah meningkatkan kolaborasi dengan lembaga terkait yang memiliki teknologi pembelajaran lingkungan. Salah satu orang tua siswa SMP menyatakan, *"Sekolah bisa bekerja sama dengan BPBD atau dinas lingkungan untuk mengadakan perangkat lunak yang bisa digunakan anak-anak belajar tentang bencana atau masalah lingkungan lainnya."* Menurutnya, kolaborasi ini dapat meningkatkan akses siswa terhadap teknologi yang lebih canggih, yang mungkin tidak bisa disediakan oleh sekolah secara mandiri. Orang tua juga berharap ada dukungan tambahan dalam bentuk bimbingan teknologi untuk siswa.

Guru-guru di sekolah menilai bahwa pelatihan terkait perangkat lunak berbasis lingkungan sangat diperlukan untuk

meningkatkan kompetensi mereka dalam pengajaran teknologi. Seorang guru SMA mengungkapkan, *"Kami tahu beberapa aplikasi untuk isu lingkungan, tapi kami butuh pelatihan agar bisa mengajarkannya ke siswa."* Guru ini merasa bahwa tanpa pelatihan yang tepat, mereka kesulitan memanfaatkan perangkat lunak khusus untuk analisis lingkungan. Pelatihan tambahan diharapkan mampu membantu mereka memaksimalkan teknologi yang ada dalam pengajaran berbasis lingkungan.

Selain itu, wawancara juga mengungkapkan pentingnya pendekatan berbasis proyek yang melibatkan teknologi untuk pembelajaran lingkungan. Guru SD menuturkan, *"Anak-anak di SD lebih senang belajar melalui proyek, tapi kami perlu alat atau perangkat lunak yang bisa menunjang mereka dalam memahami isu lingkungan."* Menurutnya, teknologi berbasis proyek yang memungkinkan siswa melakukan simulasi atau percobaan terkait lingkungan akan sangat bermanfaat. Pendekatan ini akan membuat siswa lebih terlibat dan memahami dampak langsung dari isu-isu lingkungan yang sedang dipelajari.

**Tabel 4. 3 Ringkasan hasil wawancara tentang kesipan teknologi di Sekolah dan solusi/rekomendasi**

| <b>Pihak yang Diwawancarai</b> | <b>Keterangan/Kutipan</b>  | <b>Solusi/Rekomendasi</b>   |
|--------------------------------|--|---|
| Kepala Sekolah SD, SMP, SMA    | Meskipun komputer dan perangkat teknologi dasar tersedia, perangkat lunak untuk menganalisis isu lingkungan tidak ada. "Kami memiliki komputer, tetapi software untuk analisis lingkungan belum tersedia." | Tambahkan perangkat lunak lingkungan untuk mendukung analisis siswa, seperti simulasi visual. |
| Guru SMP                       | Guru menyatakan komputer hanya dilengkapi program dasar. "Kami hanya menggunakan Microsoft Office dan tidak memiliki software untuk memvisualisasikan dampak lingkungan."                                  | Sediakan aplikasi simulasi dan pemetaan lingkungan yang sesuai kebutuhan siswa.               |
| Guru SMA                       | LMS belum mendukung pengajaran berbasis lingkungan secara maksimal. "Kami memiliki LMS,  | Tambahkan konten pembelajaran lingkungan  |

| <b>Pihak yang Diwawancarai</b> | <b>Keterangan/Kutipan</b>  | <b>Solusi/Rekomendasi</b>   |
|--------------------------------|--|---|
|                                | tetapi tidak ada materi lingkungan di dalamnya."   | pada LMS sekolah dan tingkatkan pelatihan guru.   |
| Orang Tua Siswa SD             | Orang tua mendukung teknologi tetapi merasa alat yang ada kurang spesifik. "Kami ingin teknologi yang bisa membantu anak-anak memahami lingkungan dengan baik."          | Sekolah dapat bekerja sama dengan lembaga terkait untuk meningkatkan ketersediaan perangkat teknologi lingkungan. |
| Siswa SMA                      | Siswa tertarik dengan simulasi untuk memahami isu lingkungan. "Kami ingin tahu tentang banjir atau abrasi pantai melalui simulasi."                                      | Tambahkan perangkat simulasi dan pemetaan untuk meningkatkan pemahaman visual siswa.                              |
| Guru SD                        | Guru hanya memiliki perangkat dasar seperti komputer dan proyektor. "Untuk mengajarkan dampak sampah atau banjir, kami butuh perangkat visual yang lebih canggih."       | Perlu ada pengadaan perangkat simulasi untuk pembelajaran interaktif.   |
| Kepala Sekolah Lainnya         | Infrastruktur dasar ada, tetapi kurang mendukung analisis lingkungan. "Komputer di laboratorium tidak dilengkapi aplikasi khusus lingkungan."                            | Usulkan pengadaan perangkat lunak khusus seperti simulasi atau pemetaan lingkungan yang dimiliki BPBD.            |
| Orang Tua Siswa SMP            | Orang tua berharap sekolah dapat bekerja sama dengan dinas terkait. "Sekolah bisa kolaborasi dengan BPBD untuk mengadakan software tentang bencana atau isu lingkungan." | Kolaborasi dengan instansi terkait untuk menyediakan teknologi lingkungan secara gratis di sekolah.               |
| Guru SMA                       | Guru membutuhkan pelatihan khusus perangkat lunak lingkungan. "Kami tahu aplikasi lingkungan, tapi butuh pelatihan untuk mengajarkannya."                                | Adakan pelatihan aplikasi lingkungan khusus untuk guru agar pembelajaran lebih maksimal.                          |
| Guru SD                        | Teknologi proyek berbasis lingkungan diperlukan. "Anak-anak senang belajar lewat proyek, tapi kami perlu perangkat pendukung."   | Tambahkan perangkat lunak berbasis proyek untuk simulasi lingkungan sehingga siswa lebih memahami dampaknya.      |

#### **d. Kebutuhan Pelatihan Guru.**

Wawancara dengan beberapa Kepala Sekolah di jenjang pendidikan SD hingga SMA mengungkapkan kebutuhan pelatihan guru untuk mendukung pembelajaran berbasis isu-isu lingkungan. Kepala Sekolah SMP menyatakan, *"Para guru memang membutuhkan pelatihan tambahan, terutama pelatihan integrasi isu lingkungan dengan kurikulum yang sudah ada. Kami berharap ada program yang membantu guru memahami cara menyampaikan materi lingkungan dengan relevan dan menarik bagi siswa."* Pernyataan ini menyoroti bahwa banyak guru belum memiliki pemahaman mendalam tentang metode integrasi yang efektif untuk isu lingkungan, khususnya di mata pelajaran yang tidak terkait langsung. Selain itu, Kepala Sekolah juga menginginkan pelatihan yang mampu membantu guru merancang metode pembelajaran yang interaktif sehingga mampu meningkatkan partisipasi dan minat siswa terhadap isu lingkungan.

Guru dari berbagai jenjang pendidikan menegaskan bahwa pelatihan yang dibutuhkan tidak hanya terkait dengan metode pengajaran, tetapi juga pemahaman mendalam mengenai isu lingkungan yang relevan dengan daerah mereka. Seorang guru SD mengatakan, *"Kami perlu pemahaman dasar tentang isu lingkungan yang sesuai dengan konteks lokal. Dengan begitu, kami bisa lebih percaya diri saat mengajarkannya pada siswa."* Menurut guru ini, pelatihan yang mencakup studi kasus lokal seperti abrasi pantai, banjir, atau pencemaran limbah batik akan memudahkan guru dalam menyampaikan materi yang lebih dekat dengan pengalaman siswa sehari-hari. Pendekatan kontekstual ini dianggap penting agar siswa tidak hanya belajar secara teoritis, tetapi juga menyadari permasalahan lingkungan yang ada di sekitar mereka.

Para guru SMP menambahkan bahwa pelatihan terkait pemanfaatan teknologi pembelajaran juga menjadi kebutuhan mendesak. Seorang guru SMP mengungkapkan, *"Selain materi lingkungan, kami butuh pelatihan teknologi seperti penggunaan Learning Management System (LMS) atau aplikasi pembelajaran"*

*interaktif yang bisa mendukung materi lingkungan.”* Menurutnya, dengan adanya pelatihan teknologi, guru dapat memanfaatkan perangkat lunak dan aplikasi untuk memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif. Sebagai contoh, penggunaan aplikasi simulasi dapat memberikan visualisasi terkait dampak lingkungan yang lebih mudah dipahami oleh siswa. Guru-guru juga berharap dapat mengakses pelatihan secara berkelanjutan agar mereka terus mengembangkan kemampuan sesuai perkembangan teknologi pendidikan.

Guru-guru di jenjang SMA mengutarakan hal serupa terkait dengan pengembangan keterampilan digital untuk pembelajaran lingkungan. Salah seorang guru mengatakan, *“Kami butuh pelatihan untuk menguasai teknologi pembelajaran, terutama dalam mengintegrasikan konten lingkungan ke dalam mata pelajaran seperti Matematika, Biologi, Fisika atau Kimia.”* Menurutnya, siswa akan lebih tertarik dan mudah memahami materi jika disajikan dalam format digital yang interaktif. Guru SMA lainnya menyebutkan bahwa pelatihan juga sebaiknya mencakup pengembangan bahan ajar berbasis teknologi agar guru bisa lebih mandiri dalam merancang materi pembelajaran. Dengan begitu, siswa tidak hanya belajar dari buku, tetapi juga dari pengalaman digital yang memberikan perspektif baru terhadap isu lingkungan.

Orang tua siswa di semua jenjang pendidikan juga melihat pentingnya pelatihan guru dalam mendukung pembelajaran berbasis lingkungan. Salah satu orang tua siswa SMP mengatakan, *“Kami ingin guru dibekali pelatihan yang baik sehingga bisa memberikan materi lingkungan yang lebih mendalam dan relevan bagi anak-anak kami.”* Orang tua merasa bahwa pembelajaran berbasis lingkungan bisa memperkaya pengetahuan anak-anak jika guru memiliki kompetensi yang memadai dalam menyampaikan materi tersebut. Selain itu, orang tua juga berharap agar guru dapat mengajarkan keterampilan kritis kepada siswa melalui isu lingkungan yang sedang dihadapi masyarakat. Mereka melihat bahwa guru yang terlatih akan mampu mendorong siswa untuk berpikir kritis dan berpartisipasi dalam kegiatan peduli lingkungan.

Siswa di jenjang SMA juga mengutarakan harapan agar para guru memiliki keterampilan yang cukup dalam mengajarkan isu-isu lingkungan. Seorang siswa SMA mengatakan, *"Kami ingin guru bisa mengajarkan materi lingkungan dengan cara yang menarik, misalnya menggunakan video atau aplikasi interaktif."* Siswa merasa bahwa teknologi pembelajaran yang interaktif dapat meningkatkan minat mereka dalam mempelajari isu-isu lingkungan. Mereka berharap guru tidak hanya menyampaikan materi secara lisan, tetapi juga memanfaatkan teknologi yang membuat pembelajaran lebih menarik dan relevan. Hal ini menunjukkan bahwa siswa membutuhkan variasi dalam metode pengajaran, terutama yang melibatkan visualisasi atau simulasi berbasis teknologi.

Beberapa guru SMP juga menyatakan perlunya pelatihan tentang metode pembelajaran aktif atau berbasis proyek yang sesuai untuk materi lingkungan. Seorang guru SMP berpendapat, *"Pelatihan yang melatih kami dalam merancang proyek lingkungan akan sangat membantu, karena siswa lebih senang belajar dari proyek nyata."* Menurutnya, metode berbasis proyek dapat meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran karena mereka bisa melihat langsung dampak dari isu lingkungan yang dipelajari. Guru ini juga menyebutkan bahwa pelatihan tersebut akan membantu mereka merancang proyek yang sesuai dengan tingkat pemahaman siswa, sehingga hasil belajar siswa terhadap isu lingkungan bisa lebih optimal.

Selain itu, para Kepala Sekolah menyoroti bahwa pelatihan guru yang terstruktur dapat membantu mereka dalam mengevaluasi keberhasilan pembelajaran berbasis lingkungan. Kepala Sekolah SMA menyatakan, *"Kami butuh pelatihan evaluasi pembelajaran, agar bisa mengukur sejauh mana pemahaman siswa terhadap isu lingkungan."* Menurutnya, pengembangan sistem evaluasi yang tepat sangat penting untuk mengetahui dampak dari materi lingkungan yang diajarkan. Kepala Sekolah mengusulkan agar pelatihan juga mencakup cara mengukur kompetensi siswa dalam memahami isu lingkungan melalui



instrumen evaluasi yang akurat. Dengan pelatihan ini, diharapkan proses pengajaran dan pembelajaran lingkungan menjadi lebih terarah dan efektif.

Para siswa dari jenjang SD juga merasakan bahwa guru yang lebih terlatih dapat membuat pembelajaran lingkungan menjadi lebih menyenangkan dan inspiratif. Salah satu siswa SD mengatakan, *"Kalau guru punya banyak cara mengajar, kami jadi lebih semangat belajar tentang alam dan lingkungan."* Hal ini menunjukkan bahwa siswa akan lebih termotivasi belajar jika guru memiliki berbagai metode yang menarik dalam menyampaikan materi. Siswa merasa bahwa isu lingkungan seperti penanganan sampah dan pencemaran air akan lebih mudah dipahami jika diajarkan dengan cara yang kreatif. Ini mencerminkan bahwa pelatihan guru tidak hanya berfokus pada materi, tetapi juga pendekatan pengajaran yang variatif dan menyenangkan bagi siswa.

Wawancara dengan beberapa orang tua siswa juga menunjukkan dukungan agar pemerintah atau dinas terkait menyelenggarakan pelatihan yang relevan bagi guru. Salah seorang orang tua siswa SD mengatakan, *"Kami berharap pemerintah dapat membantu memberikan pelatihan yang komprehensif untuk guru."* Menurutnya, pelatihan yang relevan dan berkala akan meningkatkan kualitas pengajaran guru terhadap isu-isu lingkungan. Orang tua menginginkan pelatihan yang dilakukan secara berkelanjutan agar guru bisa mengikuti perkembangan terbaru dalam pendidikan lingkungan. Mereka menekankan pentingnya dukungan pemerintah dalam penyediaan pelatihan berkualitas bagi guru, sehingga pendidikan lingkungan di sekolah dapat berjalan dengan optimal.

**Tabel 4.4 Ringkasan hasil wawancara dan solusi/rekomendasi tentang kebutuhan Pelatihan Guru**

| <b>Pihak yang Diwawancarai</b> | <b>Keterangan/Kutipan</b>  | <b>Solusi/Rekomendasi</b>                               |
|--------------------------------|--|---|
| Kepala Sekolah SD, SMP, SMA    | Kepala Sekolah SMP: "Guru butuh pelatihan untuk mengintegrasikan isu lingkungan" | Adakan pelatihan integrasi kurikulum yang relevan untuk |

| <b>Pihak yang Diwawancarai</b> | <b>Keterangan/Kutipan</b>   | <b>Solusi/Rekomendasi</b>  |
|--------------------------------|---|--|
|                                | ke dalam kurikulum dengan menarik dan relevan bagi siswa.”  | guru dalam pembelajaran berbasis lingkungan.   |
| Guru SD                        | “Kami perlu pemahaman dasar tentang isu lingkungan sesuai konteks lokal agar lebih percaya diri mengajarkannya.”          | Sediakan pelatihan dengan studi kasus lokal (misalnya, abrasi pantai, banjir) agar lebih relevan dengan kondisi sekitar. |
| Guru SMP                       | “Kami butuh pelatihan teknologi seperti LMS atau aplikasi interaktif untuk mendukung materi lingkungan.”                  | Tingkatkan pelatihan teknologi pembelajaran, khususnya untuk aplikasi simulasi lingkungan.                               |
| Guru SMA                       | “Kami perlu pelatihan mengintegrasikan konten lingkungan dalam pelajaran Fisika atau Kimia.”                              | Berikan pelatihan pengembangan bahan ajar digital agar guru lebih mandiri dalam mendesain materi pembelajaran.           |
| Orang Tua Siswa SMP            | “Kami ingin guru dibekali pelatihan agar bisa memberikan materi lingkungan yang lebih relevan bagi anak-anak kami.”       | Lakukan pelatihan yang mendorong guru mengembangkan pembelajaran kritis dan kontekstual.                                 |
| Siswa SMA                      | “Kami ingin guru mengajarkan materi lingkungan dengan cara menarik, misalnya menggunakan video atau aplikasi interaktif.” | Sediakan pelatihan multimedia dan simulasi agar guru dapat menggunakan metode pengajaran visual.                         |
| Guru SMP                       | “Pelatihan merancang proyek lingkungan akan sangat membantu, siswa lebih senang belajar dari proyek nyata.”               | Adakan pelatihan berbasis proyek, sehingga guru bisa mengajar melalui proyek langsung terkait isu lingkungan.            |
| Kepala Sekolah SMA             | “Kami butuh pelatihan evaluasi untuk mengukur pemahaman siswa terhadap isu lingkungan.”                                   | Berikan pelatihan evaluasi pembelajaran khusus untuk pengukuran pemahaman isu lingkungan pada siswa.                     |
| Siswa SD                       | “Kalau guru punya banyak cara mengajar, kami jadi lebih semangat belajar tentang alam dan lingkungan.”                    | Sediakan pelatihan pengajaran kreatif dan variatif untuk meningkatkan keterlibatan siswa.                                |
| Orang Tua Siswa SD             | “Kami berharap pemerintah bisa membantu memberikan pelatihan yang komprehensif untuk guru.”                               | Dukung program pelatihan berkala dan berkelanjutan agar guru dapat mengikuti   |

| Pihak yang Diwawancarai | Keterangan/Kutipan | Solusi/Rekomendasi                        |
|-------------------------|--------------------|---|
|                         |                    | perkembangan dalam pendidikan lingkungan. |

e. **Karakteristik Siswa**

Wawancara mengenai karakteristik siswa di jenjang SD hingga SMA mengungkapkan berbagai ciri khas yang memengaruhi proses pembelajaran, terutama terkait isu-isu lingkungan. Kepala Sekolah di tingkat SD menjelaskan bahwa anak-anak di tingkat dasar memiliki karakteristik khas yang cenderung imajinatif, antusias, dan penasaran. *“Siswa SD cenderung cepat tertarik dengan hal-hal baru, tetapi juga mudah kehilangan fokus. Untuk menjaga perhatian mereka, kami perlu membuat pembelajaran interaktif;”* ungkap Kepala Sekolah tersebut. Ia menambahkan bahwa pada tahap usia ini, siswa lebih memahami materi yang disampaikan secara visual atau melalui aktivitas langsung. Penggunaan alat bantu visual dan metode interaktif diyakini akan lebih efektif dalam menumbuhkan pemahaman mereka tentang lingkungan.

Di jenjang SMP, karakteristik siswa mulai mengalami perubahan. Siswa SMP cenderung ingin mengeksplorasi berbagai hal secara mandiri dan mulai menunjukkan ketertarikan pada diskusi serta analisis sederhana. Seorang guru SMP mengungkapkan, *“Siswa SMP sering memiliki banyak pertanyaan dan mulai mampu berpikir lebih kritis, meskipun kadang masih membutuhkan arahan. Mereka menyukai tantangan dan aktivitas kolaboratif.”* Menurut guru tersebut, siswa pada jenjang ini juga lebih tertarik ketika dihadapkan pada isu-isu konkret yang relevan dengan kehidupan sehari-hari, seperti masalah sampah atau pencemaran air. Namun, tantangan yang dihadapi adalah menjaga keterlibatan mereka dalam jangka waktu yang lebih lama karena minat mereka bisa berubah dengan cepat.

Guru-guru SMA melihat siswa pada tingkat ini memiliki karakteristik yang lebih matang dalam berpikir. Siswa SMA

umumnya menunjukkan kemampuan analisis yang lebih baik dan mulai memperhatikan implikasi jangka panjang dari suatu permasalahan. Salah seorang guru SMA menjelaskan, *"Siswa di tingkat SMA biasanya lebih mandiri dalam belajar dan mulai peduli pada isu-isu global. Mereka suka berdebat dan mencari solusi logis."* Menurut guru ini, siswa SMA lebih siap mengikuti diskusi mendalam tentang isu-isu lingkungan yang kompleks, seperti dampak perubahan iklim atau degradasi lahan. Meskipun mereka memiliki ketertarikan yang besar terhadap isu-isu tersebut, siswa juga membutuhkan arahan yang jelas agar diskusi tetap berjalan terarah dan produktif.

Orang tua siswa juga menyampaikan perspektif mereka tentang karakteristik siswa di berbagai jenjang pendidikan. Orang tua siswa SD menyebutkan bahwa anak-anak mereka masih belajar melalui permainan dan aktivitas sederhana. Salah seorang orang tua mengatakan, *"Anak-anak kami senang belajar melalui permainan atau cerita yang berhubungan dengan alam. Mereka lebih mudah memahami jika ada contoh nyata."* Orang tua ini menyadari bahwa anak-anak mereka membutuhkan pendekatan yang menyenangkan dan menarik untuk memahami konsep lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa orang tua mengharapkan metode pengajaran yang interaktif dan kontekstual agar anak-anak dapat menangkap pelajaran dengan lebih baik.

Orang tua siswa di tingkat SMP memberikan pandangan yang berbeda. Mereka melihat bahwa anak-anak mereka mulai memperlihatkan minat pada pembelajaran yang lebih mendalam dan analitis. Salah seorang orang tua siswa SMP mengatakan, *"Anak-anak di SMP mulai ingin memahami mengapa sesuatu terjadi dan bagaimana cara mengatasinya, tetapi mereka juga membutuhkan bimbingan agar tidak salah paham."* Orang tua ini menyoroti pentingnya bimbingan yang terstruktur dalam mengajarkan isu lingkungan kepada siswa pada jenjang SMP. Menurutnya, pendekatan yang lebih logis dan berbasis data akan sangat membantu dalam menumbuhkan minat anak-anak mereka terhadap isu-isu yang lebih kompleks.

Siswa SMA menunjukkan sikap yang lebih mandiri dalam belajar dan cenderung lebih kritis terhadap isu-isu yang mereka pelajari. Seorang siswa SMA mengatakan, *"Kami senang kalau bisa belajar dengan berdiskusi atau melalui proyek yang membuat kami berpikir tentang solusi masalah."* Siswa pada tingkat ini merasa tertantang ketika dihadapkan pada masalah lingkungan yang membutuhkan pemikiran kreatif dan solusi nyata. Hal ini menunjukkan bahwa siswa SMA lebih siap mengikuti metode pembelajaran berbasis proyek dan diskusi yang melibatkan analisis mendalam. Mereka juga menunjukkan minat untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis, yang sangat penting dalam memahami dan menyelesaikan isu lingkungan.

Para siswa SD, meskipun masih sangat imajinatif, juga menunjukkan minat terhadap lingkungan melalui kegiatan yang melibatkan eksplorasi langsung. Seorang guru SD mencatat, *"Anak-anak SD suka sekali ketika kami ajak bermain di luar kelas untuk mengamati tanaman atau serangga. Mereka belajar dengan melihat dan menyentuh."* Guru ini melihat bahwa siswa SD belajar lebih efektif ketika mereka dapat berinteraksi langsung dengan alam. Pendekatan ini memberikan pengalaman yang konkrit dan membantu mereka memahami konsep dasar lingkungan, seperti pentingnya merawat tanaman atau menjaga kebersihan. Metode belajar berbasis pengalaman atau eksplorasi lingkungan ini dinilai lebih relevan bagi anak-anak di tingkat dasar.

Secara keseluruhan, wawancara menunjukkan bahwa karakteristik siswa di setiap jenjang memiliki perbedaan yang memengaruhi cara mereka memahami isu-isu lingkungan. Siswa SD lebih membutuhkan pendekatan visual dan eksploratif, siswa SMP menginginkan pemahaman yang lebih logis dengan bimbingan terstruktur, sementara siswa SMA siap untuk analisis mendalam dan pendekatan berbasis proyek. Guru, kepala sekolah, dan orang tua menyadari bahwa karakteristik unik ini memerlukan pendekatan pembelajaran yang bervariasi sesuai dengan tingkat perkembangan siswa. Metode yang sesuai akan membantu siswa

tidak hanya memahami, tetapi juga merasa terlibat dalam menjaga dan melestarikan lingkungan mereka.

**Tabel 4.5 Ringkasan hasil wawancara tentang karakteristik belajar siswa di semua jenjang Pendidikan (SD, SMP, SMA)**

| <b>Pihak yang Diwawancarai</b> | <b>Karakteristik Siswa di Setiap Jenjang</b>  | <b>Solusi/Rekomendasi</b>  |
|--------------------------------|---|--|
| Kepala Sekolah SD              | "Siswa SD cepat tertarik dengan hal-hal baru, tetapi mudah kehilangan fokus. Pembelajaran harus interaktif dan menggunakan alat bantu visual."  | Gunakan metode interaktif dan visual, seperti gambar, video, atau alat bantu lainnya, untuk mempertahankan perhatian siswa.                |
| Kepala Sekolah SMP             | "Siswa SMP ingin mengeksplorasi secara mandiri dan suka aktivitas kolaboratif, tetapi minat mereka bisa berubah cepat."                         | Terapkan aktivitas berbasis kolaborasi dan diskusi ringan untuk meningkatkan minat belajar siswa terhadap isu lingkungan.                  |
| Guru SMA                       | "Siswa SMA menunjukkan kemampuan analisis yang baik dan peduli pada isu global. Mereka suka berdebat dan mencari solusi logis."                 | Kembangkan metode diskusi mendalam dan proyek analitis untuk mendorong pemikiran kritis siswa pada isu-isu lingkungan.                     |
| Orang Tua Siswa SD             | "Anak-anak kami senang belajar melalui permainan atau cerita terkait alam. Contoh nyata sangat membantu mereka memahami materi."                | Gunakan pendekatan bermain dan eksplorasi berbasis cerita dan objek nyata untuk meningkatkan pemahaman siswa pada isu lingkungan.          |
| Orang Tua Siswa SMP            | "Anak-anak di SMP ingin memahami penyebab suatu masalah lingkungan dan cara mengatasinya, tetapi tetap perlu bimbingan agar tidak salah paham." | Lakukan pembelajaran berbasis data sederhana dengan bimbingan terstruktur agar siswa lebih memahami konsep dengan cara yang logis.         |
| Siswa SMA                      | "Kami senang berdiskusi atau mengikuti proyek yang membuat kami berpikir tentang solusi masalah lingkungan."                                    | Terapkan metode pembelajaran berbasis proyek untuk mendorong keterampilan berpikir kritis dan kreativitas siswa.                           |
| Guru SD                        | "Anak-anak SD suka bermain di luar kelas untuk mengamati alam. Mereka belajar dengan melihat dan menyentuh."                                    | Terapkan metode pembelajaran di luar kelas yang melibatkan pengamatan langsung terhadap alam untuk meningkatkan minat dan pemahaman siswa. |

| <b>Pihak yang Diwawancarai</b>                                    | <b>Karakteristik Siswa di Setiap Jenjang</b>  | <b>Solusi/Rekomendasi</b>  |
|---|---|--|
| Wawancara Keseluruhan (Guru, Kepala Sekolah, dan Orang Tua Siswa) | "Karakteristik siswa berbeda di setiap jenjang, sehingga memerlukan pendekatan sesuai tahapan perkembangan untuk pembelajaran lingkungan yang efektif." | Sesuaikan pendekatan pembelajaran sesuai karakteristik siswa: visual dan eksploratif untuk SD, logis dengan bimbingan untuk SMP, dan analitis berbasis proyek untuk SMA. |

#### **f. Analisis Kurikulum**

Analisis kurikulum merupakan langkah penting untuk memahami bagaimana suatu sistem pendidikan dirancang dan diimplementasikan guna mencapai tujuan pembelajaran yang diharapkan. Dalam konteks Kurikulum Merdeka, analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi aspek-aspek utama seperti tujuan pembelajaran, struktur kurikulum, metode pengajaran, dan penilaian di berbagai jenjang pendidikan.

Dengan mempertimbangkan kelebihan, kekurangan, dan tantangan yang ada, analisis ini memberikan wawasan mendalam tentang kesiapan sekolah, guru, dan siswa dalam menghadapi perubahan, serta bagaimana kurikulum ini dapat dioptimalkan sesuai dengan konteks lokal, terutama dalam mengintegrasikan isu-isu lingkungan dan teknologi. Tabel 4.6 berikut merupakan rangkuman analisis kurikulum di setiap jenjang Pendidikan di Kota Pekalongan (SD, SMP, dan SMA).

**Tabel 4.6 Rangkuman Hasil Analisis Kurikulum pada jenjang Pendidikan SD, SMP dan SMA di Kota Pekalongan**

| Aspek                      | Ciri Utama   | Kelebihan   | Kekurangan   | Tantangan   |
|----------------------------|--|---|--|---|
| <b>Tujuan Pembelajaran</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Fokus pada pengembangan kompetensi dan karakter.</li> <li>Memberikan kebebasan kepada guru untuk menyesuaikan pembelajaran dengan kebutuhan siswa</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Membentuk siswa yang memiliki kompetensi abad 21 (kritis, kreatif, kolaboratif, komunikatif).</li> <li>Lebih fleksibel sesuai dengan kebutuhan siswa dan sekolah</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tidak semua guru memahami konsep kompetensi yang diharapkan.</li> <li>Kesulitan dalam menyelaraskan tujuan antar sekolah</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Menyiapkan guru untuk memahami filosofi Kurikulum Merdeka.</li> <li>Kesulitan dalam implementasi di sekolah dengan keterbatasan fasilitas dan infrastruktur</li> </ul> |
| <b>Struktur Kurikulum</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Lebih sederhana dan fleksibel dibanding kurikulum sebelumnya.</li> <li>Tidak semua mata pelajaran diajarkan setiap semester, beberapa bersifat tematik</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Fokus pada pembelajaran yang esensial, tidak membebani siswa dengan banyak materi.</li> <li>Waktu yang lebih fleksibel untuk eksplorasi lebih dalam pada topik tertentu</li> </ul> | Ada kebingungan di kalangan guru mengenai pembagian waktu dan penerapan struktur ini   | Pelatihan guru secara menyeluruh agar memahami cara membagi waktu dan menyeimbangkan pembelajaran tematik dan akademis  |
| <b>Proyek Penguatan</b>    | Kegiatan yang melibatkan siswa dalam proyek-proyek yang relevan dengan   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Meningkatkan partisipasi siswa</li> </ul>  | Sulit diterapkan di sekolah yang minim fasilitas dan sumber daya   | Memastikan setiap sekolah mampu menyediakan konteks proyek yang sesuai dengan   |



|                                     |  |  |  |  |
|-------------------------------------|--|--|--|--|
| <b>Profil Pelajar Pancasila</b>     | kehidupan nyata dan masalah sosial di sekitar  | dalam menyelesaikan masalah nyata. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mengembangkan sikap dan karakter yang baik</li> </ul>                              |  | kondisi lokal, terutama di daerah yang kurang memiliki infrastruktur pendukung   |
| <b>Penilaian</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penilaian lebih fokus pada proses dan hasil.</li> <li>• Ada ruang untuk asesmen formatif yang memberi umpan balik untuk perbaikan belajar siswa</li> </ul>            | Siswa dapat memperoleh umpan balik yang konstruktif selama proses belajar, sehingga mereka dapat memperbaiki kesalahan lebih awal                              | Guru perlu keterampilan lebih untuk melakukan asesmen yang tepat dan berkesinambungan  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Melatih guru untuk melakukan asesmen formatif yang baik.</li> <li>• Mengubah budaya penilaian dari sekadar angka menjadi evaluasi proses yang lebih menyeluruh</li> </ul> |
| <b>Materi Pembelajaran</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fleksibilitas dalam memilih materi yang relevan dengan konteks local.</li> <li>• Pengembangan materi sesuai kebutuhan dan potensi siswa di daerah tertentu</li> </ul> | Memberikan ruang kreatif bagi guru untuk mengembangkan materi yang relevan dan kontekstual   | Tidak semua guru memiliki keterampilan untuk mengembangkan materi sendiri, terutama di sekolah dengan keterbatasan sumber daya   | Memberikan pelatihan bagi guru untuk mengembangkan dan menyesuaikan materi pembelajaran sesuai dengan kebutuhan lokal, termasuk materi berbasis teknologi dan lingkungan   |
| <b>Teknologi dalam Pembelajaran</b> | Penggunaan teknologi lebih terintegrasi, memungkinkan pembelajaran jarak jauh dan pemanfaatan media digital dalam kelas  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mempermudah akses ke berbagai sumber pembelajaran.</li> <li>• Mendorong literasi digital di kalangan siswa</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidak semua sekolah memiliki akses yang memadai terhadap teknologi.</li> <li>• Kesenjangan dalam infrastruktur teknologi antar sekolah</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Memastikan infrastruktur teknologi tersedia di semua sekolah.</li> <li>• Melatih guru dan siswa untuk memanfaatkan teknologi dengan efektif</li> </ul>                    |
| <b>Pelibatan Orang Tua</b>          | Orang tua lebih dilibatkan dalam proses belajar siswa, terutama dalam asesmen formatif dan kegiatan proyek berbasis karakter   | Meningkatkan kolaborasi antara sekolah dan keluarga dalam mendukung perkembangan siswa   | Tidak semua orang tua memiliki waktu atau pemahaman yang cukup tentang peran mereka dalam mendukung pembelajaran di rumah  | Mengembangkan strategi yang tepat untuk melibatkan orang tua, terutama yang memiliki keterbatasan waktu atau sumber daya   |



Berdasarkan temuan pada tahap analisis menunjukkan adanya sejumlah tantangan dan kebutuhan yang perlu diperhatikan dalam pengembangan model pembelajaran di Kota Pekalongan. *Pertama*, identifikasi masalah lingkungan yang relevan, seperti limbah industri batik, sampah, banjir-rob, penurunan permukaan tanah dan abrasi pantai, menjadi dasar penting dalam merumuskan tujuan pembelajaran yang kontekstual. Siswa perlu diajak untuk memahami dan menghadapi masalah nyata yang ada di sekitar mereka. Dengan mengaitkan materi pembelajaran dengan isu-isu ini, diharapkan siswa tidak hanya belajar secara teoritis tetapi juga merasakan dampak langsung dari tindakan mereka terhadap lingkungan. Hal ini memberikan motivasi yang lebih besar bagi siswa untuk berpartisipasi aktif dalam upaya pelestarian lingkungan, dan menjadikan pembelajaran lebih berarti dan relevan dengan kehidupan sehari-hari mereka.

Kesiapan sekolah dalam mengintegrasikan isu lingkungan ke dalam pembelajaran juga menjadi faktor kunci. Temuan tersebut di atas menunjukkan bahwa meskipun ada keinginan dari pihak sekolah untuk mengangkat isu lingkungan, keterbatasan sumber daya dan pengetahuan guru menjadi kendala. Oleh karena itu, model pembelajaran yang diusulkan harus bersifat adaptif dan fleksibel, mampu menyesuaikan diri dengan konteks lokal, serta memanfaatkan sumber daya yang tersedia. Model pembelajaran yang dimaksud adalah *Integrated Learning Environment Adaptation-Technology Based* (pembelajaran terintegrasi isu-isu lingkungan adaptif berbasis teknologi) menjadi pilihan yang ideal, karena model ini menggabungkan metode pembelajaran berbasis proyek dengan teknologi. Melalui penggunaan teknologi, siswa dapat mengumpulkan dan menganalisis data lingkungan secara langsung, sehingga mereka terlibat dalam proses belajar yang aktif dan partisipatif. Model ini tidak hanya membantu siswa memahami isu lingkungan, tetapi juga mengajarkan mereka keterampilan penting dalam pengolahan informasi dan penggunaan teknologi yang relevan.

Kesiapan teknologi di sekolah, bersama dengan kebutuhan pelatihan guru, menekankan perlunya model yang dapat mengoptimalkan potensi yang ada. Sekolah dengan infrastruktur teknologi yang lebih baik memiliki peluang lebih besar untuk menerapkan pembelajaran berbasis data lingkungan. Namun, tanpa pelatihan yang memadai, guru akan kesulitan untuk memanfaatkan teknologi tersebut secara efektif. Oleh karena itu, model

pembelajaran yang adaptif ini harus dilengkapi dengan program pelatihan yang berkelanjutan untuk guru, agar mereka mampu mengintegrasikan teknologi dalam proses pembelajaran. Selain itu, karakteristik siswa yang memiliki motivasi tinggi untuk belajar tentang lingkungan dapat dimaksimalkan dengan memberikan kesempatan kepada mereka untuk berkontribusi dalam proyek nyata.

Selanjutnya, hasil analisis materi dan model pembelajaran ditunjukkan pada tabel 4.7 berikut.

**Tabel 4.7 Ringkasan hasil analisis materi pembelajaran jenjang SD, SMP dan SMA**

| Jenjang Pendidikan             | Materi  | Model Pembelajaran  | Keterangan  |
|--------------------------------|---|---|---|
| SD (Sekolah Dasar)             | Penekanan Utama: Literasi, numerasi, dan karakter dasar melalui Profil Pelajar Pancasila.   | Project-Based Learning (PBL): Siswa belajar melalui proyek sederhana yang terkait kehidupan nyata.  | Perlu penyediaan alat bantu belajar yang kontekstual dan relevan dengan lingkungan lokal. Teknologi sederhana seperti tablet atau komputer diharapkan tersedia lebih merata untuk menunjang blended learning.                         |
|                                | Kontekstual dan Tematik: Materi dikaitkan dengan kehidupan sehari-hari siswa. Penguatan Karakter: Fokus pada nilai-nilai seperti gotong royong, kreativitas, dan kemandirian. | Discovery Learning: Siswa menemukan konsep baru melalui eksplorasi dan observasi. Blended Learning: Penggunaan teknologi mulai diperkenalkan, terutama di kelas atas. |   |
| SMP (Sekolah Menengah Pertama) | Penekanan Utama: Pengembangan literasi, numerasi, dan karakter dengan fokus lebih spesifik pada mata pelajaran.   | Inquiry-Based Learning (IBL): Pembelajaran berbasis pertanyaan dan eksplorasi, mengajak siswa berpikir kritis dan analitis.   | Perlu lebih banyak pelatihan guru untuk penerapan model pembelajaran berbasis proyek dan inquiry. Pengembangan materi yang lebih interdisipliner akan membantu menghubungkan berbagai mata pelajaran dengan konteks lokal dan global. |
|                                | Interdisipliner: Mata pelajaran diintegrasikan untuk menunjukkan hubungan antar-disiplin ilmu.  | Collaborative Learning: Siswa bekerja dalam kelompok untuk memecahkan masalah atau mengerjakan proyek.  |   |
|                                | Profil Pelajar Pancasila: Fokus pada berpikir kritis dan  | Blended Learning: Teknologi digunakan lebih luas, terutama untuk pembelajaran daring.   |   |

|                             |   |   |   |
|-----------------------------|---|---|---|
| SMA (Sekolah Menengah Atas) | <p>kreatif, gotong royong, serta kemandirian.</p> <p>Penekanan Utama: Materi lebih mendalam dan abstrak, sesuai dengan jurusan yang dipilih (IPA, IPS, Bahasa, dll.).</p> | <p>Problem-Based Learning (PBL): Siswa memecahkan masalah kompleks dan realistis yang relevan dengan dunia nyata.</p>           | <p>Fasilitas teknologi di sekolah perlu ditingkatkan, terutama untuk mendukung flipped classroom dan pembelajaran daring. Pengembangan materi berbasis masalah lokal (seperti lingkungan) akan membantu siswa lebih terlibat dengan</p> |
|                             | <p>Peningkatan Abstraksi dan Aplikasi: Pembelajaran semakin kompleks dan menuntut siswa untuk memahami teori dan aplikasi.</p>  | <p>Flipped Classroom: Siswa belajar mandiri di rumah dan menggunakan waktu kelas untuk diskusi dan pemecahan masalah.</p>       |   |
|                             | <p>Profil Pelajar Pancasila: Nilai-nilai dihubungkan dengan tantangan global dan keterampilan inovatif.</p>   | <p>Blended Learning &amp; E-Learning: Teknologi dan platform daring digunakan secara luas untuk pembelajaran dan penilaian.</p> |   |

Berdasarkan tabel 4.7 tersebut di atas, ditemukan beberapa hal pokok, diantaranya: *Pertama*, pada tingkat SD, pembelajaran tematik yang berfokus pada lingkungan dapat membantu siswa mengenali dasar-dasar perlindungan lingkungan sejak usia dini. Melalui proyek-proyek sederhana seperti menanam pohon, pengelolaan sampah, atau observasi lingkungan, siswa dapat diajak untuk melihat dampak nyata dari perilaku sehari-hari terhadap lingkungan. Model pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning*) dan pendekatan *Discovery Learning* dapat digunakan untuk memotivasi siswa agar lebih aktif mengeksplorasi lingkungan mereka. Misalnya, mereka dapat belajar tentang daur ulang limbah plastik atau pencemaran air di sungai-sungai lokal, yang dapat diintegrasikan dengan pelajaran IPA dan Matematika. Ini tidak hanya meningkatkan pengetahuan, tetapi juga menumbuhkan rasa tanggung jawab terhadap kelestarian lingkungan.

*Kedua*, di tingkat SMP, model pembelajaran yang lebih interdisipliner sangat penting untuk menyoroti hubungan antara ilmu pengetahuan, sosial, dan lingkungan. Siswa diajak untuk memahami dampak sosial dari pencemaran lingkungan, misalnya bagaimana pencemaran air di sungai-sungai Kota Pekalongan memengaruhi kesehatan masyarakat dan

perekonomian setempat. Melalui pendekatan *Inquiry-Based Learning* (IBL), siswa diarahkan untuk mampu melakukan investigasi ilmiah mengenai kualitas air atau udara di lingkungan sekitar sekolah mereka. Ini bisa menjadi landasan bagi siswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis, analitis, serta solusi berbasis data yang dapat diterapkan di dunia nyata. Dalam hal ini, kolaborasi antar-mata pelajaran seperti IPA, IPS, dan Matematika dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih holistik dan relevan.

*Ketiga*, pada tingkat SMA, beberapa tantangan lingkungan di Pekalongan, seperti limbah industri batik, diangkat menjadi topik yang lebih kompleks dan mendalam dalam pembelajaran. Pendekatan *Problem-Based Learning* (PBL) dapat diterapkan, di mana siswa diajak untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mencari solusi konkret untuk masalah lingkungan di sekitar mereka. Melalui kolaborasi lintas disiplin, siswa bisa memanfaatkan konsep-konsep sains, ekonomi, dan teknologi untuk mengusulkan solusi berkelanjutan. Di sinilah *flipped classroom* juga dapat memainkan peran penting, di mana siswa belajar mandiri melalui sumber-sumber digital tentang isu lingkungan sebelum mengadakan diskusi di kelas untuk menemukan solusi yang relevan.

Dengan memperkuat integrasi isu-isu lingkungan dalam kurikulum di semua jenjang pendidikan, siswa diharapkan memiliki kesadaran yang lebih mendalam dan tindakan yang lebih nyata terhadap masalah-masalah lingkungan. Kota Pekalongan, yang terkenal dengan masalah limbah batik, membutuhkan generasi muda yang tidak hanya paham akan dampak lingkungan tetapi juga memiliki keterampilan untuk berkontribusi pada perbaikan kondisi lingkungan. Dengan demikian, pendidikan bukan hanya menjadi sarana pengembangan pengetahuan akademik, tetapi juga pengembangan karakter dan kepedulian terhadap lingkungan sekitar.

Penerapan kurikulum berbasis lingkungan juga memerlukan dukungan dari berbagai pihak, termasuk guru, pemerintah daerah, dan industri lokal. Guru harus dilatih dan dibekali dengan materi ajar yang relevan dan kontekstual, sementara pemerintah daerah dapat memberikan dukungan dengan menyediakan sarana dan prasarana untuk proyek-proyek lingkungan di sekolah. Sementara itu, industri di Pekalongan, terutama industri batik, juga perlu terlibat dalam pendidikan lingkungan ini melalui program tanggung

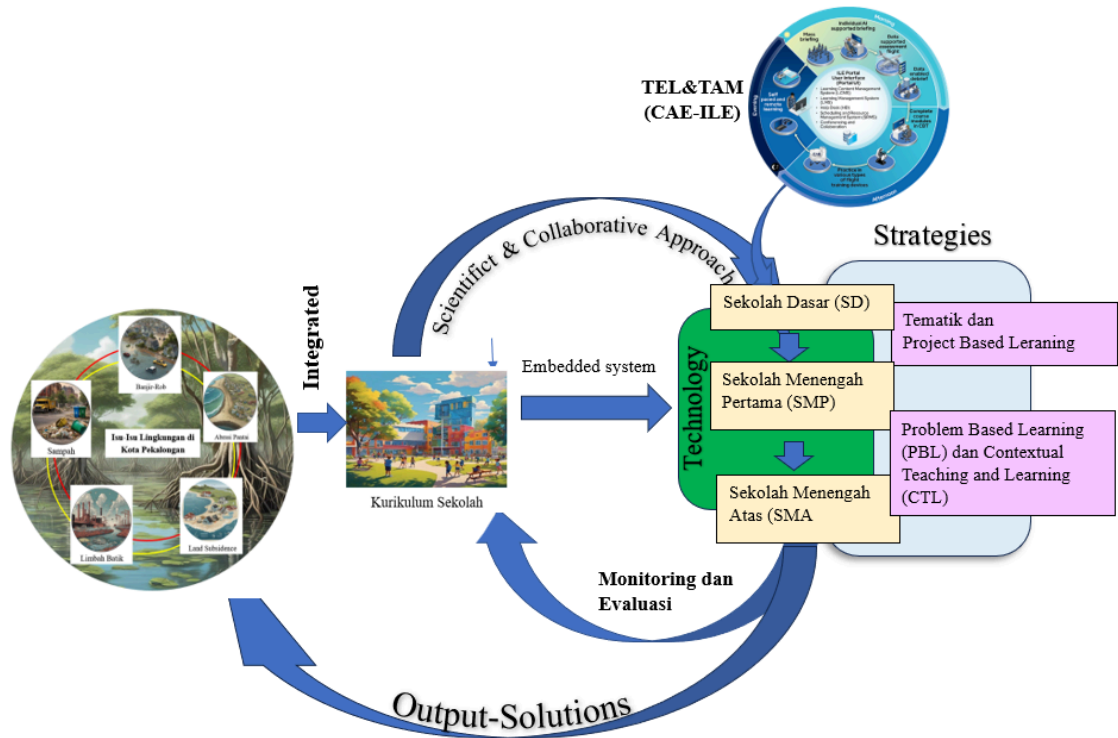
jawab sosial perusahaan (CSR) yang mendukung upaya-upaya lingkungan di sekolah.

Intinya adalah bahwa pengembangan model dan materi pembelajaran yang mengintegrasikan isu-isu lingkungan di Kota Pekalongan merupakan langkah strategis untuk menciptakan generasi yang peduli dan siap berperan aktif dalam menjaga kelestarian lingkungan. Melalui pendidikan yang kontekstual dan berbasis masalah nyata, siswa dari SD hingga SMA dapat tumbuh menjadi individu yang tidak hanya memahami masalah lingkungan tetapi juga memiliki kemampuan untuk bertindak secara nyata untuk memperbaikinya, sebagaimana diungkap kepala BPBD Kota Pekalongan pada wawancara tanggal 10 September 2024, *"Kami mendukung penuh pengembangan pendidikan berbasis lingkungan di Kota Pekalongan. Pencemaran limbah industri batik adalah tantangan besar yang memerlukan kesadaran sejak dini. Pendidikan yang kontekstual di sekolah-sekolah akan sangat membantu dalam membentuk generasi yang lebih sadar dan terampil dalam menangani masalah ini di masa depan."* Kurikulum Merdeka memberikan ruang yang fleksibel untuk inovasi ini, dan dengan dukungan semua pihak, Pekalongan dapat menjadi contoh dalam membangun kesadaran lingkungan melalui pendidikan.

## **2. Desain Model dan Materi Pembelajaran**

Berdasarkan temuan pada tahap analisis yang telah diuraikan sebelumnya, dikembangkan desain model dan materi pembelajaran yang tidak hanya relevan tetapi juga adaptif terhadap kondisi lokal di Kota Pekalongan. Model pembelajaran ini mampu mengintegrasikan isu-isu lingkungan yang mendesak, seperti limbah industri batik dan dampak perubahan iklim, penurunan tanah (*land subsidence*), abrasi pantai, banjir, banjir-rob, masalah sampah, ke dalam berbagai mata pelajaran. Selain itu, dengan mempertimbangkan motivasi tinggi siswa dan kesiapan sekolah, desain ini akan memanfaatkan teknologi untuk menciptakan pengalaman belajar yang interaktif dan berbasis data. Dengan pendekatan ini, diharapkan siswa dapat lebih memahami dampak isu lingkungan terhadap kehidupan mereka sehari-hari dan berperan aktif dalam upaya mitigasi dan pelestarian lingkungan di sekitar mereka.

Revisi desain awal model tahap 1 (pertama) dapat digambarkan sebagai berikut.



**Gambar 4.1 Model pembelajaran terintegrasi isu-isu lingkungan berbasis teknologi (Model-G)**

Gambar 4.1 tersebut menampilkan model pembelajaran terintegrasi isu-isu lingkungan berbasis teknologi yang diterapkan di sekolah-sekolah di Kota Pekalongan. Model ini menggambarkan pendekatan kolaboratif ilmiah dengan dukungan teknologi CAE-ILE (*Integrated Learning Environment*) yang memanfaatkan system tertanam (*embedded*). Model ini juga mengedepankan pemantauan dan evaluasi berkelanjutan untuk menghasilkan solusi nyata terhadap masalah lingkungan di Kota Pekalongan. Pada konteks ini, kurikulum sekolah berperan sebagai inti yang menghubungkan berbagai elemen, mulai dari penggunaan teknologi, strategi pembelajaran, hingga pemecahan masalah lingkungan.

Pada bagian kiri gambar, tampak ilustrasi mengenai berbagai isu lingkungan di Kota Pekalongan yang menjadi fokus utama. Beberapa isu yang ditampilkan termasuk limbah batik, pencemaran air, masalah sampah, dan penurunan tanah (*land subsidence*). Isu-isu ini digabungkan secara integratif ke dalam kurikulum sekolah, yang kemudian dihubungkan dengan teknologi melalui pendekatan ilmiah dan kolaboratif. Hal ini mencerminkan pentingnya pendidikan yang relevan dengan konteks lokal, di mana siswa tidak hanya belajar teori, tetapi juga terlibat langsung dalam mencari solusi terhadap masalah nyata yang ada di lingkungan sekitar mereka.

Pada bagian atas kanan, model TEL (*Technology Enhance Learning*), dalam hal ini peneliti mengadopsi alur CAE-ILE) menjadi kunci dalam mengelola pembelajaran berbasis teknologi. Teknologi ini memberikan fleksibilitas dalam pengajaran melalui integrasi data berbasis cloud, simulasi, dan alat interaktif lainnya yang mendukung proses pembelajaran di setiap jenjang pendidikan. CAE-ILE juga memungkinkan monitoring kinerja siswa secara *real-time*, yang membantu guru menyesuaikan metode pengajaran berdasarkan kebutuhan individu siswa. Teknologi ini juga dapat mempercepat adaptasi materi ajar dan evaluasi berkelanjutan sehingga pelatihan yang diberikan bisa lebih efektif dan relevan dengan kebutuhan lingkungan.

Selanjutnya, model ini mengimplementasikan strategi pembelajaran yang berbeda di tiap jenjang pendidikan. Pada tingkat Sekolah Dasar (SD), diterapkan pembelajaran tematik dan berbasis proyek, yang memungkinkan siswa mempelajari berbagai disiplin ilmu secara terpadu melalui proyek yang relevan dengan isu lingkungan. Sementara itu, di tingkat Sekolah Menengah Pertama (SMP) dan Sekolah Menengah Atas (SMA), digunakan metode pembelajaran berbasis masalah (*Problem Based Learning/PBL*) serta pembelajaran kontekstual (*Contextual Teaching and Learning/CTL*). Metode ini membantu siswa berpikir kritis dan memecahkan masalah lingkungan dengan cara yang lebih ilmiah dan praktis.

Salah satu komponen penting dalam model ini adalah monitoring dan evaluasi yang terintegrasi. Melalui penggunaan teknologi, kinerja siswa dapat dipantau secara terus-menerus, memungkinkan evaluasi dan perbaikan yang berkelanjutan. Ini tidak hanya mencakup penilaian hasil akademik siswa, tetapi juga keterlibatan mereka dalam proyek-proyek lingkungan di dunia nyata. Pemantauan ini memastikan bahwa siswa benar-benar memahami



isu-isu lingkungan yang mereka hadapi dan mampu memberikan solusi konkret.

Akhirnya, output dari sistem pembelajaran ini adalah solusi-solusi nyata terhadap masalah lingkungan di Kota Pekalongan. Pelibatan siswa dalam proyek berbasis masalah lingkungan menjadikan mereka tidak hanya belajar dari pengalaman, tetapi juga memberikan kontribusi langsung kepada komunitas mereka. Hal ini memperkuat hubungan antara pembelajaran akademik dan praktik di lapangan, serta meningkatkan kesadaran lingkungan di kalangan generasi muda. Model ini menunjukkan bahwa dengan integrasi teknologi dan kurikulum yang relevan, pendidikan bisa menjadi alat yang efektif untuk mengatasi isu-isu lingkungan lokal.

a. **Konsep Dasar dan Prinsip Desain Model**

Konsep dasar dan prinsip desain model yang ditampilkan dalam gambar berfokus pada integrasi antara pembelajaran akademik, teknologi, dan isu-isu lingkungan dalam konteks lokal (Kota Pekalongan). Model ini bertujuan untuk menggabungkan pendekatan ilmiah dengan solusi nyata terhadap tantangan lingkungan yang dihadapi oleh masyarakat. Berikut uraian konsep dasar dan prinsip desain model:

**1) Konteks Lokal Sebagai Basis Pembelajaran**

Model ini didasarkan pada prinsip bahwa pembelajaran harus relevan dengan kehidupan nyata siswa. Isu-isu lingkungan di Kota Pekalongan seperti limbah batik, pencemaran air, dan masalah lahan dijadikan bahan ajar utama yang diintegrasikan ke dalam kurikulum sekolah. Hal ini memungkinkan siswa untuk terlibat langsung dalam memahami dan memecahkan masalah lingkungan di komunitas mereka. Relevansi lokal menjadi inti dari desain model ini. Pembelajaran diarahkan untuk memfasilitasi siswa dalam menghadapi tantangan nyata di lingkungan mereka. Ini juga memfokuskan pada pembelajaran berbasis proyek, di mana siswa aktif dalam menemukan solusi, bukan sekadar menghafal informasi.

**2) Penggunaan Teknologi untuk Mendukung Pembelajaran**

Teknologi, dalam bentuk CAE-ILE (*Integrated Learning Environment*), menjadi tulang punggung dalam pelaksanaan model pembelajaran ini. Teknologi memungkinkan pemantauan dan evaluasi secara *real-time*, akses ke sumber daya pembelajaran yang lebih luas, serta penerapan simulasi dan perangkat lunak pembelajaran interaktif. Teknologi harus diintegrasikan dengan mulus ke dalam setiap aspek pembelajaran. Desain ini didasarkan pada prinsip bahwa teknologi tidak hanya sebagai alat tambahan, tetapi sebagai bagian inti dari proses pembelajaran. Teknologi memberikan fleksibilitas dan akses ke materi yang lebih bervariasi serta memungkinkan penyesuaian metode pengajaran sesuai dengan kemampuan siswa secara individual.

3) Pendekatan Ilmiah dan Kolaboratif

Pendekatan ilmiah melalui metode penelitian, analisis data, dan eksperimen menjadi landasan pembelajaran. Selain itu, kolaborasi antara siswa, guru, dan komunitas sangat ditekankan untuk memperkuat pemahaman dan tindakan kolektif terhadap isu lingkungan. Kolaborasi dan pembelajaran ilmiah harus saling mendukung. Pada kerangka desain ini, model dirancang agar siswa dapat berkolaborasi secara aktif, baik di dalam kelas maupun di luar kelas. Proyek-proyek yang melibatkan kolaborasi antar-siswa dan keterlibatan komunitas menjadi kunci untuk mencapai hasil pembelajaran yang efektif dan relevan.

4) Strategi Pembelajaran Adaptif

Model ini menekankan pentingnya strategi pembelajaran yang adaptif sesuai dengan tingkat pendidikan. Pada jenjang Sekolah Dasar (SD), menggunakan pembelajaran tematik dan berbasis proyek, sementara di tingkat Sekolah Menengah Pertama (SMP) dan Sekolah Menengah Atas (SMA), digunakan pendekatan Pembelajaran Berbasis Masalah (PBL) dan Pembelajaran Kontekstual (CTL). Strategi pembelajaran harus disesuaikan dengan perkembangan kognitif dan kebutuhan siswa. Pada

jenjang/tingkat SD, pembelajaran perlu lebih praktis dan terintegrasi, sedangkan di tingkat SMP dan SMA, siswa diperkenalkan pada pemecahan masalah yang lebih kompleks dan kontekstual. Prinsip ini mengedepankan fleksibilitas dalam metode pengajaran untuk memastikan siswa terlibat aktif dan dapat mengikuti proses pembelajaran sesuai dengan kecepatan mereka masing-masing.

5) Monitoring dan Evaluasi Berkelanjutan

Monitoring dan evaluasi juga menjadi bagian penting dalam memastikan keberhasilan model ini. Teknologi memungkinkan pemantauan kinerja siswa secara *real-time*, serta evaluasi yang terus-menerus terhadap kemajuan siswa dalam memahami dan menerapkan solusi terhadap masalah lingkungan. Monitoring dan evaluasi harus dilakukan secara berkelanjutan dan berbasis data. Desain ini, memodelkan pembelajaran dirancang agar guru dapat mengakses informasi tentang kinerja siswa secara *real-time*. Evaluasi formatif dan sumatif diterapkan untuk memberikan umpan balik yang tepat waktu kepada siswa, memastikan bahwa mereka terus berkembang sepanjang proses pembelajaran.

6) Output Berbasis Solusi

Hasil akhir dari model pembelajaran ini adalah terciptanya solusi nyata terhadap isu-isu lingkungan. Melalui proyek berbasis masalah yang diikuti oleh siswa, mereka diharapkan mampu memberikan kontribusi langsung terhadap lingkungan lokal mereka. Pembelajaran harus diarahkan untuk menghasilkan dampak nyata. Desain model ini memastikan bahwa siswa tidak hanya memahami masalah lingkungan, tetapi juga mampu menawarkan solusi berbasis pengetahuan yang mereka peroleh. Hasil ini tidak hanya diukur berdasarkan prestasi akademik, tetapi juga kontribusi konkret mereka terhadap penyelesaian masalah lingkungan di Kota Pekalongan.

b. **Komponen Utama Model Pembelajaran**

Komponen utama model pembelajaran terintegrasi isu lingkungan berbasis teknologi di Kota Pekalongan yang diilustrasikan pada gambar 3.3 diuraikan sebagai berikut:

1) Isu lingkungan sebagai konten pembelajaran

Isu-isu lingkungan lokal, seperti limbah batik, pencemaran air, banjir-rob, abrasi pantai, sampah, dan penurunan tanah (*land subsidence*), menjadi inti konten pembelajaran yang diintegrasikan ke dalam kurikulum. Siswa diajak untuk mempelajari masalah ini dari berbagai sudut pandang, baik ilmiah, sosial, maupun praktis. Komponen ini bertujuan agar siswa tidak hanya mempelajari teori, tetapi juga mampu memahami isu-isu lingkungan yang mereka hadapi secara nyata dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini akan meningkatkan kesadaran lingkungan mereka dan membangun keterampilan problem-solving.

2) Kurikulum Sekolah yang Terintegrasi

Kurikulum sekolah menjadi platform untuk menggabungkan berbagai elemen, mulai dari isu lingkungan hingga teknologi dan strategi pembelajaran. Kurikulum ini didesain secara tematik dan interdisipliner, memastikan bahwa setiap pelajaran terkait dengan masalah lingkungan yang relevan. Dengan menyematkan isu lingkungan ke dalam kurikulum formal, proses pembelajaran menjadi lebih kontekstual dan relevan. Siswa tidak hanya belajar dari buku, tetapi juga dari masalah yang mereka temui di komunitas, menjadikan mereka lebih terlibat secara aktif.

3) Teknologi (CAE-ILE) sebagai Pendukung Pembelajaran

Teknologi seperti Integrated Learning Environment (ILE) yang berbasis cloud digunakan untuk mendukung seluruh proses pembelajaran. Teknologi ini memungkinkan pemantauan, pengelolaan, serta penyampaian materi pembelajaran secara fleksibel, dengan dukungan perangkat simulasi dan perangkat lunak interaktif. Teknologi berfungsi untuk memfasilitasi pembelajaran yang lebih adaptif dan

responsif terhadap kebutuhan siswa. Pemantauan kinerja siswa secara real-time, akses ke materi pembelajaran dari jarak jauh, serta penggunaan perangkat lunak simulasi adalah beberapa keunggulan yang diberikan teknologi ini. Teknologi juga membantu guru dalam menyajikan materi yang lebih menarik dan interaktif.

**4) Strategi Pembelajaran yang Beragam (Tematik, PBL, CTL)**

Model ini menggabungkan berbagai strategi pembelajaran yang sesuai dengan jenjang pendidikan siswa. Di Sekolah Dasar (SD), digunakan pembelajaran tematik dan berbasis proyek, sementara di Sekolah Menengah Pertama (SMP) dan Sekolah Menengah Atas (SMA), digunakan Pembelajaran Berbasis Masalah (Problem Based Learning/PBL) dan Pembelajaran Kontekstual (Contextual Teaching and Learning/CTL). Strategi pembelajaran ini memastikan bahwa metode pengajaran yang diterapkan relevan dan sesuai dengan tingkat perkembangan kognitif siswa. Misalnya, pembelajaran berbasis proyek memungkinkan siswa SD belajar dengan cara yang praktis, sementara PBL dan CTL di tingkat SMP dan SMA melatih siswa dalam memecahkan masalah lingkungan yang lebih kompleks secara ilmiah dan analitis.

**5) Pendekatan Ilmiah dan Kolaboratif**

Pendekatan ini mengedepankan pemecahan masalah berdasarkan data, penelitian ilmiah, serta kolaborasi antara siswa, guru, dan komunitas. Melalui pendekatan kolaboratif, siswa dilatih untuk bekerja dalam tim dan berbagi tanggung jawab dalam menyelesaikan proyek berbasis masalah lingkungan. Kolaborasi ilmiah menekankan pentingnya kerja sama tim dalam memecahkan masalah yang kompleks. Dengan bekerja dalam kelompok, siswa dapat berbagi pengetahuan dan keterampilan, meningkatkan pemahaman mereka tentang isu lingkungan, serta belajar bagaimana

berkontribusi secara kolektif terhadap solusi yang lebih baik dan lebih berkelanjutan.

**6) Monitoring dan Evaluasi Berkelanjutan**

Pemantauan dan evaluasi terhadap kinerja siswa dilakukan secara berkelanjutan. Teknologi CAE-ILE menyediakan data real-time mengenai kemajuan siswa, yang memungkinkan guru untuk menilai secara lebih tepat dan cepat, serta memberikan umpan balik yang konstruktif. Evaluasi berkelanjutan memastikan bahwa setiap siswa dapat terus berkembang sesuai dengan kemampuannya. Evaluasi tidak hanya fokus pada aspek akademik, tetapi juga pada kemampuan siswa dalam berpartisipasi dalam proyek-proyek lingkungan. Dengan begitu, evaluasi tidak hanya berfungsi sebagai penilaian, tetapi juga sebagai alat untuk perbaikan pembelajaran.

**7) Output: Solusi Lingkungan Berbasis Pembelajaran**

Hasil akhir dari model pembelajaran ini adalah solusi nyata yang ditawarkan oleh siswa terhadap isu-isu lingkungan lokal. Siswa diajak untuk menyusun proyek yang memberikan kontribusi langsung kepada komunitas dalam bentuk solusi terhadap masalah lingkungan. Output ini memastikan bahwa siswa tidak hanya menguasai pengetahuan teoritis, tetapi juga mampu menerapkannya dalam kehidupan nyata. Proyek-proyek yang dihasilkan oleh siswa akan memberikan dampak nyata di komunitas, menjadikan pembelajaran ini bukan hanya untuk tujuan akademik, tetapi juga sebagai kontribusi praktis kepada masyarakat.

**3. Pengembangan Model (Develop)**

**a. Desain Final Model-G**

Berdasarkan saran perbaikan pada tabel di atas, model pembelajaran yang dikembangkan dalam penelitian ini sebagai berikut.



**Gambar 4.2 Desain Final Model (G-Model)**

Keterangan Model:

**1) Identifikasi Isu-isu Lingkungan yang Relevan**

Tahap awal dalam model ini adalah mengidentifikasi isu-isu lingkungan yang relevan di Kota Pekalongan. Isu-isu seperti penurunan tanah, pencemaran limbah batik, masalah sampah, abrasi pantai, dan banjir rob dipilih berdasarkan dampak langsung terhadap masyarakat lokal. Isu-isu ini merupakan masalah lingkungan yang mendesak dan relevan untuk diintegrasikan dalam proses pembelajaran. Pemilihan isu-isu ini dilakukan melalui kerja sama antara pihak sekolah, pemerintah, dan masyarakat lokal untuk memastikan bahwa topik yang diangkat tidak hanya bermakna secara lokal tetapi juga dapat memotivasi siswa untuk memahami dampak jangka panjangnya terhadap keberlanjutan lingkungan.

Dengan memfokuskan pembelajaran pada masalah nyata, siswa diharapkan lebih terlibat dan mendapatkan pengalaman belajar yang kontekstual dan bermakna.

## **2) Integrasi Isu ke dalam Kurikulum Sekolah**

Setelah isu-isu lingkungan diidentifikasi, langkah berikutnya adalah mengintegrasikannya ke dalam kurikulum sekolah. Proses ini melibatkan adaptasi kurikulum agar bersifat fleksibel dan dinamis, sehingga dapat memasukkan topik-topik terkait lingkungan yang berkembang. Kurikulum disusun berdasarkan pendekatan kontekstual, di mana siswa diajak untuk mengaitkan materi pelajaran dengan masalah yang mereka temui di dunia nyata, khususnya terkait dengan isu lingkungan di sekitar mereka. Kurikulum ini bertujuan agar siswa dapat melihat hubungan langsung antara teori yang mereka pelajari dengan aplikasi praktisnya dalam mitigasi atau adaptasi terhadap masalah lingkungan. Melalui integrasi ini, siswa tidak hanya belajar teori akademik, tetapi juga mendapatkan keterampilan praktis dalam menangani masalah lingkungan yang mereka hadapi sehari-hari.

## **3) Penerapan Teknologi sebagai Sistem Terintegrasi**

Tahapan selanjutnya adalah penerapan teknologi sebagai sistem terintegrasi dalam proses pembelajaran. Teknologi digunakan untuk mendukung pembelajaran di berbagai jenjang pendidikan, mulai dari Sekolah Dasar (SD) hingga Sekolah Menengah Atas (SMA). Teknologi ini tidak hanya berperan sebagai alat bantu visual atau multimedia, tetapi juga sebagai sarana untuk memfasilitasi kolaborasi antar siswa, pengumpulan data, serta analisis dalam proyek-proyek pembelajaran. Penggunaan teknologi memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi lebih banyak sumber daya, melakukan simulasi terhadap isu lingkungan, dan menggunakan perangkat lunak untuk membantu pengambilan keputusan. Dengan teknologi, siswa bisa berkolaborasi dengan lebih mudah, baik dengan sesama



siswa, guru, maupun dengan ahli dari luar sekolah, seperti pakar lingkungan atau pemerintah.

#### **4) Penerapan Strategi Pembelajaran Berbasis Masalah**

Tahapan ini fokus pada penerapan berbagai strategi pembelajaran, yang dirancang untuk menyesuaikan dengan tingkat pendidikan siswa. Untuk tingkat Sekolah Dasar (SD), diterapkan Project-Based Learning (PBL) yang memungkinkan siswa untuk belajar melalui proyek-proyek tematik yang terkait langsung dengan isu-isu lingkungan. Dalam model PBL ini, siswa diajak untuk bekerja dalam kelompok, mengeksplorasi masalah lingkungan yang ada di sekitar mereka, dan mencari solusi yang dapat mereka aplikasikan dalam kehidupan nyata. Untuk Sekolah Menengah Pertama (SMP) dan Sekolah Menengah Atas (SMA), strategi Problem-Based Learning (PBL) dan Contextual Teaching and Learning (CTL) digunakan untuk mendorong siswa dalam menghadapi skenario kehidupan nyata. Strategi ini memberikan siswa tantangan untuk mencari solusi terhadap masalah lingkungan yang kompleks, seperti pencemaran limbah batik atau banjir rob. Kedua strategi ini memberikan siswa pengalaman belajar yang lebih mendalam, relevan, dan mendorong pemikiran kritis.

#### **5) Penerapan Scaffolded Problem-Solving**

Pada tahap ini, Scaffolded Problem-Solving diperkenalkan sebagai bagian dari pendekatan pembelajaran berbasis masalah. Elemen ini memungkinkan guru memberikan bimbingan secara bertahap dalam proses pemecahan masalah oleh siswa. Scaffolded Problem-Solving sangat penting karena membantu siswa mengembangkan keterampilan berpikir kritis secara lebih terarah. Dengan memberikan dukungan bertahap sesuai dengan kebutuhan siswa, guru dapat membantu siswa dalam menghadapi tantangan yang lebih sulit, terutama dalam menyelesaikan masalah lingkungan yang kompleks. Misalnya, ketika siswa diberikan tugas untuk merancang solusi pengelolaan limbah

atau penanganan banjir, guru dapat memandu mereka dengan memberikan arahan spesifik yang memungkinkan siswa belajar secara bertahap hingga mampu mandiri dalam memecahkan masalah.

#### **6) Kolaborasi Antar Pemangku Kepentingan**

Tahap ini melibatkan kolaborasi antara berbagai pihak, termasuk sekolah, pemerintah, organisasi non-pemerintah (NGO), dan masyarakat lokal. Kolaborasi ini penting untuk memastikan bahwa semua pihak terlibat dalam mendukung implementasi model pembelajaran berbasis lingkungan. Pemerintah, misalnya, dapat memberikan dukungan melalui regulasi atau kebijakan yang relevan, sedangkan NGO dapat membantu dalam memberikan sumber daya tambahan atau pelatihan bagi siswa. Masyarakat lokal juga dapat berperan dengan memberikan informasi tentang permasalahan lingkungan yang dihadapi secara nyata dan memberikan kesempatan bagi siswa untuk terlibat langsung dalam proyek-proyek komunitas. Dengan kolaborasi yang baik antara semua pemangku kepentingan, proses pembelajaran menjadi lebih kuat dan terintegrasi, memberikan siswa kesempatan untuk belajar dari berbagai perspektif dan sumber daya.

#### **7) Penerapan Model TEL (CAE-ILE)**

Tahapan selanjutnya adalah penerapan model TEL (Technology-Enhanced Learning) dan CAE-ILE (Collaborative and Adaptive Education in Immersive Learning Environments). TEL digunakan untuk memastikan bahwa teknologi yang diperkenalkan dalam proses pembelajaran diterima dan diadopsi secara efektif oleh siswa dan guru. Dalam kerangka kerja ini, teknologi dianggap sebagai alat yang dapat memperkaya pengalaman belajar siswa dan membuat pembelajaran lebih interaktif. CAE-ILE menekankan pentingnya pembelajaran kolaboratif dan adaptif, di mana siswa dapat berinteraksi dengan teknologi dalam lingkungan pembelajaran yang mendalam. Dengan penerapan model ini,

teknologi menjadi bagian integral dari proses pembelajaran yang membantu siswa dalam memahami dan menyelesaikan masalah lingkungan melalui kolaborasi yang lebih efektif.

#### **8) Monitoring dan Evaluasi Berkelanjutan**

Pada tahap ini, dilakukan Monitoring dan Evaluasi terhadap proses pembelajaran untuk memastikan bahwa tujuan yang diharapkan tercapai. Monitoring dilakukan secara berkala untuk mengukur keterlibatan dan pemahaman siswa terhadap isu-isu lingkungan yang diajarkan. Evaluasi juga digunakan untuk menilai seberapa efektif strategi pembelajaran yang diterapkan dan apakah siswa mampu menerapkan pengetahuan mereka dalam situasi nyata. Dalam evaluasi ini, data dikumpulkan dari berbagai sumber, termasuk hasil proyek siswa, observasi, serta umpan balik dari guru dan siswa. Hasil evaluasi ini kemudian digunakan untuk memperbaiki dan mengembangkan kurikulum agar tetap relevan dengan perubahan kebutuhan siswa dan tantangan lingkungan yang dihadapi.

#### **9) Solusi Nyata sebagai Output**

Tahap akhir dari model pembelajaran ini adalah menghasilkan solusi nyata terhadap masalah lingkungan yang dihadapi masyarakat lokal. Pembelajaran berbasis masalah yang diterapkan tidak hanya berfokus pada teori, tetapi juga pada tindakan konkret yang dapat dilakukan siswa untuk memecahkan masalah. Misalnya, siswa dapat terlibat dalam proyek pengelolaan sampah atau pengendalian banjir rob yang memiliki dampak langsung terhadap komunitas mereka. Dengan demikian, pembelajaran tidak hanya berhenti pada ranah akademik, tetapi juga menghasilkan output yang dapat diterapkan dan memberikan manfaat nyata bagi masyarakat dan lingkungan. Melalui pendekatan ini, siswa dilatih untuk menjadi agen perubahan di komunitas mereka, dengan pengetahuan dan keterampilan yang mereka peroleh melalui pembelajaran berbasis masalah lingkungan.

### b. Indikator kunci keberhasilan

Sebagai suatu model, tentunya memiliki indikator keberhasilan pada setiap pelaksanaan tahapan-tahapan pelaksanaannya. Tabel 4.8 berikut merupakan indikator keberhasilan model pembelajaran terintegrasi isu-isu lingkungan berbasis teknologi di Kota Pekalongan.

**Tabel 4.8 Indikator Kunci Keberhasilan**

| <b>Aspek</b>                    | <b>Indikator Keberhasilan</b>  | <b>Penjelasan</b>   |
|---------------------------------|--|---|
| <b>Keterlibatan Siswa</b>       | Peningkatan partisipasi siswa dalam diskusi kelas.                           | Siswa aktif dalam memberikan pendapat, bertanya, dan berkolaborasi dalam kegiatan pembelajaran terkait isu lingkungan.  |
|                                 | Siswa terlibat dalam proyek berbasis masalah dan memiliki peran aktif.       | Siswa mengambil inisiatif dalam menjalankan proyek, baik individu maupun kelompok, yang berfokus pada solusi untuk masalah lingkungan yang dipelajari.                    |
| <b>Pemahaman Isu Lingkungan</b> | Siswa mampu mengidentifikasi isu-isu lingkungan lokal dengan baik.           | Siswa dapat menjelaskan masalah-masalah lingkungan yang relevan seperti banjir rob, pencemaran limbah batik, abrasi pantai, dan lain-lain.                                |
|                                 | Peningkatan pengetahuan siswa mengenai dampak lingkungan dan upaya mitigasi. | Hasil evaluasi dan tes menunjukkan peningkatan pengetahuan siswa tentang cara menangani atau memitigasi masalah lingkungan yang mereka pelajari.                          |
| <b>Penggunaan Teknologi</b>     | Siswa mampu menggunakan teknologi dalam kegiatan pembelajaran.               | Siswa mampu memanfaatkan perangkat teknologi, seperti komputer atau perangkat lunak tertentu, untuk menganalisis data, membuat laporan, atau simulasi terkait lingkungan. |

| <b>Aspek</b>                  | <b>Indikator Keberhasilan</b>  | <b>Penjelasan</b>  |
|-------------------------------|--|--|
| <b>Kolaborasi Antar Siswa</b> | Teknologi digunakan untuk mendukung pemecahan masalah secara kolaboratif.        | Siswa dan guru menggunakan teknologi untuk bekerja sama dalam menyelesaikan masalah lingkungan yang kompleks.  |
|                               | Terbentuknya kelompok belajar yang efektif dalam menyelesaikan proyek.           | Siswa dapat bekerja sama dengan baik dalam kelompok, saling berbagi informasi, dan menyelesaikan tugas bersama terkait isu-isu lingkungan.   |
| <b>Dukungan Stakeholder</b>   | Siswa mampu membagi peran dan tanggung jawab dalam proyek kelompok.              | Siswa mampu mengidentifikasi peran mereka dalam kelompok dan bekerja secara kolaboratif untuk mencapai hasil yang optimal.   |
|                               | Kolaborasi antara sekolah, pemerintah, masyarakat, dan NGO berjalan dengan baik. | Pihak-pihak terkait, seperti pemerintah, sekolah, dan NGO, terlibat aktif dalam mendukung pembelajaran dan menyediakan sumber daya atau bimbingan yang diperlukan.                   |
| <b>Penerapan Solusi Nyata</b> | Adanya keterlibatan aktif dari pemerintah atau NGO dalam proyek pembelajaran.    | Pemerintah dan NGO memberikan dukungan, seperti sumber daya, regulasi, atau kesempatan untuk kolaborasi langsung dalam proyek yang dilakukan siswa.                                  |
|                               | Solusi yang dihasilkan siswa diterapkan di komunitas atau lingkungan sekolah.    | Proyek-proyek yang dilakukan siswa memiliki dampak nyata, misalnya dalam hal pengelolaan limbah, mitigasi banjir, atau pengelolaan sampah di sekolah atau masyarakat.                |
|                               | Dampak nyata dari proyek lingkungan dapat diukur.                                | Ada indikator kuantitatif atau kualitatif yang dapat digunakan untuk menilai dampak dari solusi yang diimplementasikan siswa, misalnya penurunan sampah atau pengurangan pencemaran. |

| <b>Aspek</b>                         | <b>Indikator Keberhasilan</b>   | <b>Penjelasan</b>   |
|--------------------------------------|---|---|
| <b>Hasil Evaluasi dan Monitoring</b> | Ketercapaian tujuan pembelajaran yang dinilai dari hasil tes, observasi, dan umpan balik siswa.                             | Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep yang diajarkan serta kemampuan mereka untuk menerapkan pengetahuan dalam situasi nyata. |
|                                      | Hasil monitoring menunjukkan peningkatan berkelanjutan dalam keterlibatan dan pemahaman siswa terhadap materi pembelajaran. | Monitoring dilakukan secara berkelanjutan untuk mengukur kemajuan siswa, dan hasilnya menunjukkan adanya perkembangan yang signifikan dari waktu ke waktu.            |
| <b>Adaptabilitas Kurikulum</b>       | Kurikulum dapat beradaptasi dengan perubahan isu lingkungan dan teknologi yang digunakan.                                   | Kurikulum mampu mengikuti perkembangan teknologi dan perubahan isu lingkungan yang relevan, sehingga tetap kontekstual dan relevan.                                   |
|                                      | Pembelajaran tetap relevan dan kontekstual sesuai dengan kebutuhan siswa dan masyarakat.                                    | Kurikulum dinilai fleksibel dan dapat diadaptasi untuk memenuhi kebutuhan lokal maupun global yang terkait isu lingkungan dan teknologi.                              |

### **c. Kelebihan dan kelemahan model**

Model pembelajaran terintegrasi berbasis teknologi dengan fokus pada isu-isu lingkungan di Kota Pekalongan menawarkan pendekatan yang inovatif dan relevan dalam mempersiapkan siswa menghadapi tantangan lingkungan yang nyata di sekitar mereka. Dengan memadukan teknologi, isu lingkungan lokal, dan kolaborasi berbagai pemangku kepentingan, model ini bertujuan untuk meningkatkan keterlibatan siswa serta mendorong pengembangan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Namun, seperti halnya setiap model pembelajaran, pendekatan ini memiliki kelebihan dan kelemahan yang perlu dipertimbangkan untuk mencapai efektivitas maksimal. Berikut adalah kelebihan, kelemahan, serta solusi alternatif untuk

mengatasi kelemahan model pembelajaran terintegrasi isu-isu lingkungan berbasis teknologi di Kota Pekalongan:

### **Kelebihan Model**

#### **1) Pembelajaran Kontekstual yang Relevan**

Model ini berbasis pada isu-isu lingkungan nyata yang dihadapi oleh masyarakat setempat, seperti pencemaran limbah batik, banjir rob, penurunan tanah, dan masalah sampah. Hal ini membuat pembelajaran menjadi relevan dan langsung berhubungan dengan kehidupan sehari-hari siswa. Melalui pembelajaran ini, siswa dapat melihat bagaimana ilmu yang mereka pelajari di kelas diterapkan dalam konteks nyata, yang memotivasi mereka untuk belajar lebih lanjut.

#### **2) Penggunaan Teknologi dalam Pembelajaran**

Teknologi memainkan peran sentral dalam model ini, memungkinkan siswa untuk mengakses informasi, berkolaborasi secara virtual, serta menggunakan perangkat lunak untuk simulasi atau analisis data. Teknologi juga memudahkan siswa dalam melakukan riset serta mengembangkan solusi berbasis teknologi untuk masalah lingkungan. Hal ini mendukung perkembangan keterampilan digital siswa, yang sangat dibutuhkan di era modern.

#### **3) Kolaborasi Multistakeholder**

Model ini menekankan pentingnya kolaborasi antara pemerintah, sekolah, NGO, dan masyarakat lokal dalam mendukung proses pembelajaran. Kolaborasi ini memperkaya pengalaman belajar siswa, memberi mereka akses ke sumber daya eksternal, serta memperluas wawasan mereka tentang bagaimana isu lingkungan ditangani oleh berbagai pihak. Kolaborasi juga memfasilitasi pengembangan proyek-proyek berbasis komunitas yang lebih luas dan bermakna.

#### **4) Pengembangan Keterampilan Problem-Solving**

Model ini fokus pada Problem-Based Learning (PBL) dan Scaffolded Problem-Solving, dimana model ini secara aktif mendorong siswa untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis, analitis, dan pemecahan masalah. Siswa tidak

hanya diajari untuk memahami teori, tetapi juga diajak untuk menyelesaikan masalah nyata yang membutuhkan solusi kreatif dan inovatif. Ini memberikan siswa kesempatan untuk menjadi agen perubahan di komunitas mereka.

#### **5) Dampak Nyata Terhadap Masyarakat**

Proyek-proyek yang dikerjakan siswa dalam pembelajaran ini memiliki potensi untuk memberikan dampak nyata terhadap masalah lingkungan di sekitar mereka. Misalnya, melalui proyek pengelolaan sampah atau pengendalian banjir, siswa terlibat langsung dalam upaya mitigasi lingkungan yang memberikan manfaat bagi masyarakat. Dengan demikian, pembelajaran tidak hanya bersifat akademis, tetapi juga memiliki dampak sosial.

#### **Kelemahan Model**

Selain kelebihan-kelebihan yang diuraikan di atas, kami menemukan kelemahan-kelemahan dalam model, seperti:

##### **1) Ketergantungan pada Teknologi**

Model ini sangat bergantung pada teknologi, sehingga akan sulit diterapkan di sekolah-sekolah yang memiliki keterbatasan akses terhadap perangkat teknologi atau koneksi internet yang memadai. Selain itu, beberapa siswa mungkin mengalami kesulitan dalam menguasai teknologi yang digunakan, terutama bagi mereka yang belum terbiasa dengan alat digital.

##### **2) Relevansi Isu Lingkungan**

Meskipun isu lingkungan yang diangkat relevan bagi Kota Pekalongan, tidak semua siswa mungkin tinggal di area yang terpengaruh oleh isu-isu tersebut. Misalnya, siswa yang tinggal di daerah yang tidak terkena banjir rob mungkin merasa kesulitan untuk mengaitkan materi dengan situasi yang mereka alami. Hal ini dapat menurunkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran.

##### **3) Tuntutan Waktu dan Sumber Daya**



Pembelajaran berbasis proyek atau masalah seperti ini memerlukan waktu dan sumber daya yang cukup besar, baik dari sisi guru maupun siswa. Guru harus merancang proyek, memberikan bimbingan individual, serta memantau setiap kelompok siswa. Siswa juga perlu meluangkan waktu yang cukup untuk mengerjakan proyek-proyek kompleks, yang bisa menjadi beban tambahan di luar kegiatan akademis lain.

**4) Perbedaan Tingkat Keterampilan Siswa**

Siswa memiliki tingkat keterampilan dan pemahaman yang berbeda-beda, sehingga dalam kelas yang heterogen, beberapa siswa mungkin kesulitan mengikuti ritme pembelajaran berbasis teknologi dan pemecahan masalah. Hal ini dapat mengakibatkan kesenjangan dalam capaian hasil belajar antar siswa.

**5) Keterbatasan Pengukuran Dampak Nyata**

Walaupun proyek siswa berfokus pada penyelesaian masalah lingkungan, pengukuran dampak nyata dari solusi yang dihasilkan siswa bisa menjadi tantangan. Beberapa solusi mungkin hanya berdampak dalam jangka pendek atau membutuhkan sumber daya tambahan untuk diimplementasikan secara penuh, yang kadang kala tidak dimiliki oleh sekolah atau komunitas.

**d. Solusi Alternatif untuk Mengatasi Kelemahan**

**1) Alternatif Akses Teknologi**

Untuk sekolah atau siswa yang memiliki keterbatasan akses terhadap teknologi, pemerintah atau pihak swasta bisa bekerja sama untuk menyediakan fasilitas teknologi yang lebih merata, seperti laboratorium komputer, pinjaman perangkat, atau peningkatan infrastruktur internet di sekolah-sekolah. Solusi lain adalah dengan mengadopsi metode blended learning, yang menggabungkan pembelajaran berbasis teknologi dengan metode tradisional bagi siswa yang kurang terpapar teknologi.

**2) Kontekstualisasi Isu Lingkungan yang Lebih Fleksibel**

Untuk mengatasi perbedaan relevansi isu lingkungan, guru dapat memberikan fleksibilitas dalam pemilihan topik proyek yang sesuai dengan kondisi tempat tinggal masing-masing siswa. Misalnya, bagi siswa yang tidak mengalami banjir rob, mereka bisa mempelajari masalah lain yang relevan dengan lingkungan mereka, seperti masalah polusi udara atau sampah. Dengan demikian, pembelajaran akan tetap relevan dan menarik bagi seluruh siswa.

**3) Pengaturan Waktu dan Sumber Daya yang Lebih Efektif**

Untuk mengatasi tuntutan waktu dan sumber daya, model ini dapat diadaptasi dengan membagi proyek menjadi tahapan yang lebih kecil atau kerja tim yang memungkinkan siswa berbagi tugas. Guru juga bisa memberikan rencana pembelajaran yang lebih terstruktur dan bimbingan yang lebih fokus pada kelompok-kelompok kecil siswa untuk meningkatkan efisiensi pengajaran.

**4) Pendekatan Differentiated Instruction**

Untuk mengatasi perbedaan tingkat keterampilan siswa, guru bisa menggunakan differentiated instruction, di mana tugas dan proyek disesuaikan dengan tingkat keterampilan individu atau kelompok siswa. Selain itu, pendekatan peer tutoring bisa diperkenalkan, di mana siswa yang lebih mahir membantu siswa lain dalam memahami konsep dan teknologi yang digunakan.

**5) Kolaborasi dengan Pihak Eksternal untuk Pengukuran Dampak**

Untuk memastikan solusi yang dihasilkan siswa memberikan dampak nyata, sekolah bisa bekerja sama dengan lembaga lingkungan atau NGO yang bisa membantu dalam mengukur dampak dari proyek-proyek yang dihasilkan siswa. Pihak-pihak eksternal ini bisa memberikan masukan lebih lanjut tentang bagaimana solusi tersebut bisa ditingkatkan dan diimplementasikan dalam skala yang lebih besar.

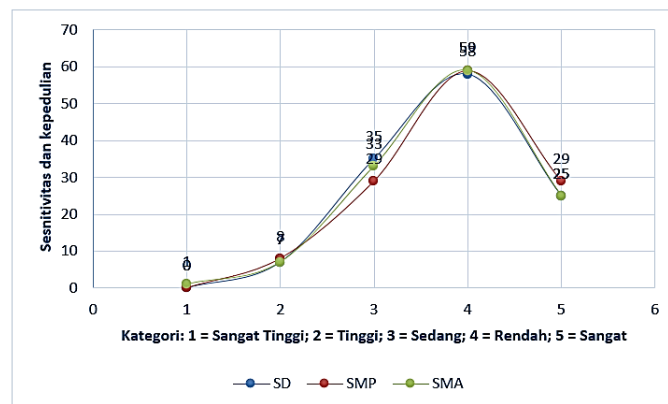
**Tabel 4. 9 Kelebihan dan Kelemahan Model-G**

| Kelebihan   | Kelemahan   | Solusi/Rekomendasi  |
|---|---|---|
| Relevan dengan isu-isu nyata dalam kehidupan siswa. | Ketergantungan pada teknologi, sulit diterapkan di sekolah yang kurang fasilitas. | Kerja sama dengan pihak eksternal untuk penyediaan akses teknologi.               |
| Memudahkan riset dan kolaborasi berbasis teknologi. | Tidak semua siswa mengalami isu lingkungan yang sama.                             | Fleksibilitas dalam pemilihan topik proyek sesuai kondisi lingkungan siswa.       |
| Kolaborasi memperkaya pembelajaran.                 | Memerlukan waktu dan sumber daya besar.   | Pembagian proyek menjadi tahapan lebih kecil dan efisien.                         |
| Mengembangkan keterampilan problem-solving.         | Perbedaan kemampuan teknologi siswa bisa menyebabkan kesenjangan.                 | Differentiated instruction dan peer tutoring untuk membantu siswa yang kesulitan. |
| Proyek berdampak nyata pada masyarakat.             | Sulit mengukur dampak jangka panjang dari proyek siswa.                           | Kolaborasi dengan NGO untuk membantu mengukur dampak proyek secara lebih baik.    |

#### 4. Implementasi Model (sensitivitas dan kepedulian) siswa

Pengukuran tingkat sensitivitas dan kepedulian siswa terhadap isu-isu lingkungan di Kota Pekalongan, dilakukan sebelum (*pra*) dan setelah (*post*) penelitian menggunakan angket sensitivitas dan kepedulian siswa, sebagaimana diuraikan berikut ini (*data hasil angket terlampir*).

##### a. Sensitivitas dan kepedulian siswa sebelum penerapan Model-G

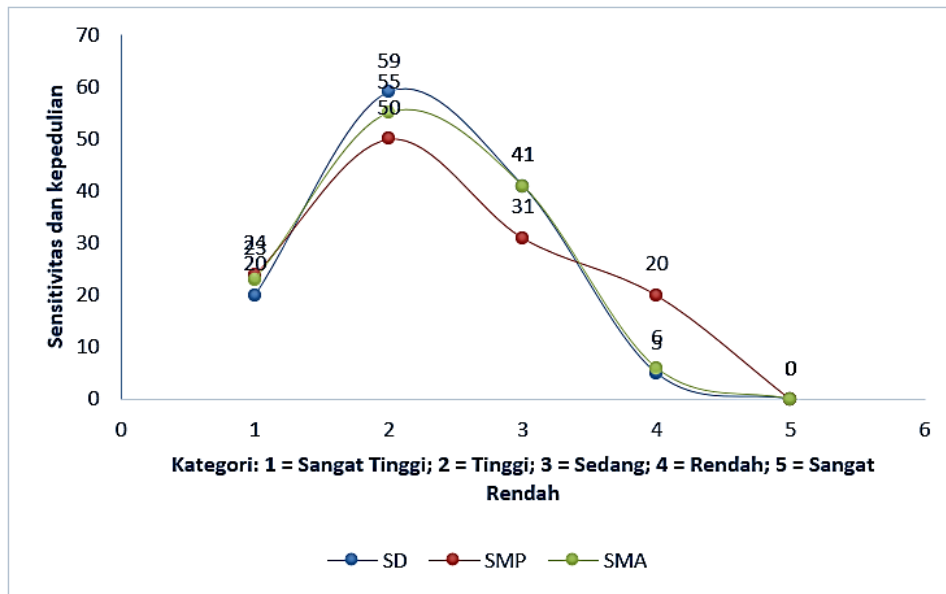


**Gambar 4.3 Tingkat Sensitivitas dan Kepedulian Siswa terhadap Isu-isu Lingkungan di Kota Pekalongan 2024 (pre-lit)**

Grafik tersebut menunjukkan tingkat sensitivitas dan kepedulian siswa terhadap isu-isu lingkungan sebelum penerapan Model-G (Integrated Learning Environment Adaptation). Grafik ini menyoroiti bagaimana siswa di tiga jenjang pendidikan, yaitu SD, SMP, dan SMA, memiliki tingkat sensitivitas yang berbeda terhadap masalah lingkungan. Sebagian besar siswa berada pada kategori sensitivitas dan kepedulian yang rendah, dengan puncak pada kategori 4, menunjukkan mayoritas siswa memiliki tingkat kepedulian rendah terhadap isu-isu lingkungan. Sebaliknya, pada kategori 1 dan 2, yang mewakili sensitivitas tinggi dan sangat tinggi, nilai yang tercatat sangat rendah atau bahkan nihil, yang mengindikasikan bahwa hanya sedikit atau tidak ada siswa yang sangat peduli terhadap masalah lingkungan sebelum penerapan model pembelajaran MODEL-G.

Hasil ini menggambarkan adanya kesenjangan dalam kesadaran lingkungan di kalangan siswa sebelum penerapan model, dengan mayoritas siswa menunjukkan kepedulian yang rendah. Model-G diharapkan dapat meningkatkan sensitivitas dan kesadaran siswa terhadap isu-isu lingkungan melalui pembelajaran yang lebih kontekstual dan berbasis pada masalah lingkungan lokal yang nyata. Analisis ini penting sebagai tolok ukur sebelum model diterapkan, untuk mengukur keberhasilan program pembelajaran yang terintegrasi setelah intervensi dilakukan.

**b. Sensitivitas dan kepedulian siswa setelah penerapan Model-G**



**Gambar 4.4 Tingkat Sensitivitas dan Kepedulian Siswa terhadap Isu-isu Lingkungan di Kota Pekalongan 2024 (post-lit)**

Grafik tersebut menggambarkan tingkat sensitivitas dan kepedulian siswa terhadap isu-isu lingkungan di Kota Pekalongan pada tahun 2024 setelah penerapan Model-G (*Integrated Learning Environment Adaptation*). Secara keseluruhan, grafik menunjukkan peningkatan signifikan dalam sensitivitas siswa di semua jenjang pendidikan (SD, SMP, dan SMA) terhadap isu lingkungan. Pada kategori Sangat Tinggi, terdapat peningkatan yang cukup signifikan dibandingkan dengan kondisi sebelumnya, di mana siswa SD mencatat nilai tertinggi sebesar 24, diikuti oleh SMP dan SMA dengan nilai 20. Peningkatan ini mencerminkan keberhasilan Model-G dalam menumbuhkan kepedulian yang sangat tinggi terhadap lingkungan di kalangan siswa. Kategori Tinggi juga menunjukkan hasil yang sangat positif, di mana mayoritas siswa di semua jenjang pendidikan berada di kategori ini, dengan nilai tertinggi di SD (59), diikuti oleh SMP (55) dan SMA (50). Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar siswa memiliki tingkat

kepedulian yang tinggi terhadap isu lingkungan setelah penerapan model tersebut.

Pada kategori Sedang, nilai menurun dibandingkan kategori sebelumnya, yang menunjukkan bahwa banyak siswa yang sebelumnya memiliki kepedulian sedang telah meningkat ke tingkat yang lebih tinggi. Di kategori ini, SMA mencatat nilai tertinggi sebesar 41, diikuti oleh SD dengan nilai 31, dan SMP dengan nilai 20. Kategori Rendah menunjukkan penurunan signifikan dalam jumlah siswa yang memiliki kepedulian rendah, dengan nilai paling rendah di SMP (6) dan nilai tertinggi di SMA (20), menandakan bahwa jumlah siswa yang tidak peduli terhadap lingkungan berkurang drastis setelah Model-G diterapkan. Pada kategori Sangat Rendah, tidak ada siswa yang tercatat dalam kategori ini di semua jenjang pendidikan, yang merupakan bukti nyata bahwa Model-G telah berhasil menghilangkan kelompok siswa yang sebelumnya memiliki kepedulian yang sangat rendah terhadap isu lingkungan. Secara keseluruhan, grafik ini menegaskan dampak positif dari penerapan Model-G dalam meningkatkan sensitivitas dan kepedulian siswa terhadap isu-isu lingkungan, terutama dalam meningkatkan kepedulian yang lebih tinggi di semua jenjang pendidikan.

**c. Pengaruh Model-G terhadap sensitivitas dan kepedulian siswa**

Setelah dilakukan analisis menggunakan uji t-Test: *Paired Two Sample for Means*, hasilnya menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran berbasis teknologi memiliki efek yang signifikan terhadap peningkatan sensitivitas dan kepedulian siswa terhadap isu-isu lingkungan, sebagaimana ditampilkan pada tabel 4.10 berikut.

**Tabel 4.10 Hasil Analisis Paired t-test Pretest dan Posttest Siswa di berbagai jenjang pendidikan di Kota Pekalongan (SD, SMP, SMA)**

|                              | <i>Pre-Lit</i> | <i>Post-Lit</i> |
|------------------------------|----------------|-----------------|
| Mean                         | 24,51428571    | 28,2            |
| Variance                     | 53,11758242    | 58,39230769     |
| Observations                 | 105            | 105             |
| Pearson Correlation          | 0,017127003    |                 |
| Hypothesized Mean Difference | 0              |                 |
| df                           | 104            |                 |
| t Stat                       | -3,60750286    |                 |
| P(T<=t) one-tail             | 0,000238472    |                 |
| t Critical one-tail          | 1,659637437    |                 |
| P(T<=t) two-tail             | 0,000476944    |                 |
| t Critical two-tail          | 1,983037526    |                 |

Hasil analisis uji-t berpasangan (*paired t-test*) menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara nilai *pretest* (*Pre-Lit*) dan *posttest* (*Post-Lit*) dalam penelitian ini. Rata-rata nilai pretest adalah 24,51, sementara rata-rata nilai posttest meningkat menjadi 28,2, dengan variansi masing-masing sebesar 53,12 dan 58,39. Korelasi Pearson antara hasil pretest dan posttest adalah 0,017, yang menunjukkan hubungan linear yang sangat rendah antara keduanya. Hasil ini mengindikasikan bahwa perubahan nilai tidak hanya bergantung pada kemampuan awal siswa tetapi juga dipengaruhi oleh penerapan Model-G sebagai intervensi pembelajaran.

Uji-t berpasangan dilakukan dengan hipotesis nol ( $H_0$ ) bahwa tidak ada perbedaan rata-rata antara pretest dan posttest. Dengan t-statistik -3,607 dan nilai p (one-tail) sebesar 0,00024 ( $p < 0,05$ ), hipotesis nol ditolak. Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara nilai pretest dan posttest, di mana pembelajaran berbasis Model-G memberikan dampak positif terhadap sensitivitas dan kepedulian siswa terhadap isu-isu lingkungan di Kota Pekalongan. Nilai t critical (two-tail) adalah  $\pm 1,983$ , yang berada dalam area penolakan hipotesis nol karena t-statistik berada di luar rentang tersebut. Hal ini semakin menguatkan bahwa perubahan yang terjadi bukan akibat kebetulan statistik.

Berdasarkan hasil analisis tersebut, penerapan Model-G terbukti efektif dalam meningkatkan sensitivitas dan kepedulian siswa (SD, SMP, SMA) terhadap isu-isu lingkungan di Kota Pekalongan, sebagaimana ditunjukkan oleh peningkatan rata-rata nilai dari pretest ke posttest. Peningkatan ini menunjukkan keberhasilan intervensi dalam membantu siswa memahami isu-isu lingkungan dan meningkatkan sensitivitas dan kepedulian mereka. Analisis ini memberikan bukti empiris yang mendukung bahwa model pembelajaran berbasis teknologi dan lingkungan dapat meningkatkan kualitas pendidikan, terutama dalam konteks pengembangan keterampilan abad ke-21.

Berikut ini ditampilkan hasil analisis pengaruh model terhadap sensitivitas dan kepedulian siswa pada masing-masing jenjang Pendidikan.

1) Sensitivitas dan kepedulian siswa Sekolah Dasar (SD)

Penerapan model-G di Sekolah Dasar (SD) melibatkan 30 siswa sebagai responden, data ini memberikan gambaran empiris tentang dampak intervensi pembelajaran terhadap peningkatan sensitivitas dan kepedulian siswa dalam menghadapi isu-isu lingkungan yang terintegrasi dalam pembelajaran. Berikut adalah hasil analisis statistik dari pretest dan posttest siswa

**Tabel 4.11 Hasil Analisis Paired t-test Pretest dan Posttest Siswa SD Negeri Panjang Wetan**

|                              | <i>Pre-Lit</i> | <i>Post-Lit</i> |
|------------------------------|----------------|-----------------|
| Mean                         | 24,1           | 28,8            |
| Variance                     | 47,54137931    | 42,57931034     |
| Observations                 | 30             | 30              |
| Pearson Correlation          | -0,113736721   |                 |
| Hypothesized Mean Difference | 0              |                 |
| df                           | 29             |                 |
| t Stat                       | -2,569736567   |                 |
| P(T<=t) one-tail             | 0,007791143    |                 |
| t Critical one-tail          | 1,699127027    |                 |
| P(T<=t) two-tail             | 0,015582286    |                 |
| t Critical two-tail          | 2,045229642    |                 |



Hasil uji paired t-test pada siswa SD Negeri Panjang Wetan menunjukkan peningkatan signifikan dalam hasil belajar setelah implementasi model pembelajaran. Rata-rata nilai pretest adalah 24,1, sementara rata-rata nilai posttest meningkat menjadi 28,8, dengan variansi masing-masing sebesar 47,54 dan 42,58. Korelasi Pearson antara hasil pretest dan posttest adalah -0,113, yang menunjukkan hubungan negatif sangat lemah. Ini mengindikasikan bahwa hasil posttest siswa lebih dipengaruhi oleh intervensi pembelajaran berbasis Model-G daripada kemampuan awal siswa.

Uji hipotesis dilakukan dengan hipotesis nol ( $H_0$ ) bahwa tidak ada perbedaan rata-rata antara pretest dan posttest. Dengan nilai t-statistik sebesar -2,57 dan nilai p (one-tail) sebesar 0,0078 ( $p < 0,05$ ), hipotesis nol ditolak. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara nilai pretest dan posttest. Selain itu, nilai p (two-tail) sebesar 0,0156 menguatkan bahwa peningkatan ini tidak terjadi secara kebetulan. Nilai t critical (one-tail) sebesar 1,699 juga mempertegas bahwa hasil t-statistik berada di area penolakan  $H_0$ .

Berdasarkan hasil analisis tersebut di atas, implementasi Model-G pada siswa SD Negeri Panjang Wetan terbukti efektif dalam meningkatkan sensitivitas dan kepedulian siswa terhadap isu-isu lingkungan di Kota Pekalongan. Peningkatan rata-rata dari 24,1 ke 28,8 mencerminkan bahwa model pembelajaran berbasis teknologi yang mengintegrasikan isu lingkungan mampu meningkatkan pemahaman dan keterampilan siswa. Hasil ini memberikan bukti bahwa model pembelajaran adaptif berbasis teknologi dapat diterapkan di jenjang sekolah dasar dengan hasil yang positif.

2) Sensitivitas dan kepedulian siswa Sekolah Menengah Pertama (SMP)

Tabel 4.12 berikut merupakan hasil analisis paired t-test yang dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas penerapan model pembelajaran berbasis teknologi pada siswa SMP Negeri 2 Kota Pekalongan. Data yang dianalisis mencakup hasil pretest dan posttest dari 34 siswa untuk mengukur perubahan sensitivitas dan kepedulian siswa sebelum dan sesudah intervensi. Berikut adalah hasil analisis statistik yang menggambarkan perbedaan tersebut.

**Tabel 4.12 Hasil Analisis Paired t-test Pretest dan Posttest Siswa SMPN 2 Kota Pekalongan**

|                              | <i>Pre-Lit</i> | <i>Post-Lit</i> |
|------------------------------|----------------|-----------------|
| Mean                         | 25,44117647    | 28,26470588     |
| Variance                     | 63,10249554    | 68,56417112     |
| Observations                 | 34             | 34              |
| Pearson Correlation          | 0,099523825    |                 |
| Hypothesized Mean Difference | 0              |                 |
| df                           | 33             |                 |
| t Stat                       | -1,511948801   |                 |
| P(T<=t) one-tail             | 0,070032595    |                 |
| t Critical one-tail          | 1,692360309    |                 |
| P(T<=t) two-tail             | 0,140065189    |                 |
| t Critical two-tail          | 2,034515297    |                 |

Hasil analisis paired t-test untuk data siswa SMP Negeri 2 Kota Pekalongan menunjukkan bahwa terdapat peningkatan sensitivitas dan kepedulian siswa dari pretest (25,44) ke posttest (28,26). Variansi nilai pretest adalah 63,10, sementara variansi nilai posttest meningkat menjadi 68,56, menunjukkan penyebaran nilai yang sedikit lebih besar setelah penerapan model pembelajaran. Korelasi Pearson antara nilai pretest dan posttest adalah 0,0995, yang mengindikasikan hubungan yang sangat lemah antara keduanya. Ini berarti bahwa hasil posttest lebih banyak dipengaruhi oleh intervensi pembelajaran daripada nilai awal siswa.

Uji hipotesis dilakukan dengan hipotesis nol ( $H_0$ ) bahwa tidak ada perbedaan rata-rata antara nilai pretest dan posttest. Dengan nilai t-statistik sebesar -1,51 dan nilai p (one-tail) sebesar 0,070 ( $p > 0,05$ ), hipotesis nol tidak dapat ditolak pada taraf signifikansi 5%. Nilai t critical (one-tail) adalah 1,692, dan karena t-statistik tidak melewati batas kritis ini, hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan sensitivitas dan kepedulian siswa tidak signifikan secara statistik dalam uji satu arah. Untuk uji dua arah, nilai p (two-tail) adalah 0,140 ( $p > 0,05$ ), yang juga mendukung kesimpulan bahwa tidak ada perbedaan signifikan pada taraf signifikansi dua arah.

Meskipun terdapat peningkatan sensitivitas dan kepedulian siswa dari pretest ke posttest, peningkatan tersebut tidak signifikan secara statistik. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti durasi implementasi model yang belum optimal, keterbatasan dalam penguasaan teknologi oleh siswa, atau variasi pemahaman siswa terhadap materi pembelajaran. Temuan ini menunjukkan bahwa model pembelajaran perlu disempurnakan lebih lanjut untuk memastikan dampaknya dapat signifikan dan memberikan peningkatan yang bermakna bagi sensitivitas dan kepedulian siswa di SMP Negeri 2 Kota Pekalongan.

3) Sensitivitas dan kepedulian siswa Sekolah Menengah Atas (SMA)

Sama dengan analisis paired t-test yang dilakukan di jenjang SD dan SMP, analisis juga dilakukan pada tingkat SMA, yaitu pada siswa SMAN 4 Kota Pekalongan. Data yang digunakan mencakup hasil pretest dan posttest dari 39 siswa untuk mengukur perubahan rata-rata tingkat sensitivitas dan kepedulian siswa sebelum dan sesudah implementasi model. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui apakah intervensi pembelajaran memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan sensitivitas dan kepedulian siswa terhadap

isu-isu lingkungan yang terjadi di Kota Pekalongan. Berikut adalah hasil analisis statistik yang diperoleh.

**Tabel 4.13 Hasil Analisis Paired t-test Pretest dan Posttest Siswa SMAN 4 Kota Pekalongan**

|                              | <i>Pre-Lit</i> | <i>Post-Lit</i> |
|------------------------------|----------------|-----------------|
| Mean                         | 24,20512821    | 28              |
| Variance                     | 52,58839406    | 64,10526316     |
| Observations                 | 39             | 39              |
| Pearson Correlation          | 0,000453236    |                 |
| Hypothesized Mean Difference | 0              |                 |
| df                           | 38             |                 |
| t Stat                       | -2,194339127   |                 |
| P(T<=t) one-tail             | 0,017197734    |                 |
| t Critical one-tail          | 1,68595446     |                 |
| P(T<=t) two-tail             | 0,034395469    |                 |
| t Critical two-tail          | 2,024394164    |                 |

Hasil analisis paired t-test untuk data siswa SMAN 4 Kota Pekalongan menunjukkan adanya peningkatan sensitivitas dan kepedulian siswa dari pretest (24,21) ke posttest (28,00). Variansi nilai pretest adalah 52,59, sementara variansi nilai posttest meningkat menjadi 64,11, yang menunjukkan penyebaran nilai lebih besar setelah implementasi model pembelajaran. Korelasi Pearson sebesar 0,00045 menunjukkan hubungan linear yang sangat lemah antara hasil pretest dan posttest, yang berarti peningkatan nilai lebih banyak disebabkan oleh intervensi pembelajaran dibandingkan sensitivitas dan kepedulian awal siswa.

Uji hipotesis dilakukan dengan hipotesis nol ( $H_0$ ) bahwa tidak ada perbedaan rata-rata antara nilai pretest dan posttest. Dengan t-statistik sebesar -2,19 dan nilai p (one-tail) sebesar 0,017 ( $p < 0,05$ ), hipotesis nol dapat ditolak. Nilai t critical (one-tail) sebesar 1,686 mengonfirmasi bahwa t-statistik berada di area penolakan  $H_0$ , yang menunjukkan adanya peningkatan signifikan secara statistik pada uji satu arah. Untuk uji dua arah, nilai p (two-tail) adalah 0,034 ( $p < 0,05$ ), sehingga peningkatan nilai pretest ke posttest juga signifikan secara statistik pada uji dua arah.

Berdasarkan hasil analisis tersebut, implementasi model pembelajaran berbasis teknologi di SMAN 4 Kota Pekalongan terbukti

memberikan dampak positif terhadap sensitivitas dan kepedulian siswa. Peningkatan rata-rata dari 24,21 ke 28,00 menunjukkan bahwa model ini efektif dalam meningkatkan sensitivitas dan kepedulian siswa terhadap isu-isu lingkungan di Kota Pekalongan. Meskipun korelasi antara pretest dan posttest rendah, hasil uji t menunjukkan bahwa peningkatan nilai posttest dapat dikaitkan dengan efektivitas intervensi pembelajaran. Temuan ini memberikan dasar empiris bahwa model pembelajaran ini layak untuk diterapkan secara lebih luas di tingkat SMA.

## 5. Evaluasi Model-G

Pengembangan Model-G dalam penelitian ini melibatkan dua tahap pengujian utama, yaitu uji alfa dan uji beta, untuk memastikan validitas dan efektivitas model sebelum diimplementasikan secara lebih luas. Uji alfa dilakukan di tahap awal untuk mengevaluasi desain dan validitas teoretis model dalam lingkungan terkontrol. Proses ini melibatkan peninjauan oleh para pakar pendidikan, yang menilai kesesuaian desain model dengan teori-teori pembelajaran yang mendasarinya, seperti konstruktivisme, pembelajaran berbasis masalah (PBL), dan teknologi pendidikan. Validasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa model memiliki landasan konseptual yang kuat, memenuhi kebutuhan pembelajaran, dan dapat mendukung tujuan pembelajaran berbasis isu lingkungan. Hasil uji alfa menunjukkan bahwa model ini valid secara teoretis dan siap untuk diuji lebih lanjut dalam konteks lapangan.

Tahap uji beta dilakukan dengan menerapkan model di lingkungan pembelajaran nyata pada tiga jenjang pendidikan, yaitu SDN Panjang Wetan, SMPN 2 Kota Pekalongan, dan SMAN 4 Kota Pekalongan. Pengujian ini melibatkan guru dan siswa sebagai pengguna langsung model, dengan fokus pada efektivitas, keterterapan, dan keberterimaan model dalam proses pembelajaran. Data dikumpulkan melalui pretest dan posttest untuk mengukur dampak model terhadap pemahaman siswa, serta observasi dan wawancara untuk mengevaluasi keterlibatan siswa dan dukungan dari guru. Hasil uji beta menunjukkan bahwa Model-G berhasil meningkatkan pemahaman siswa tentang isu lingkungan lokal, seperti banjir rob dan pencemaran limbah batik,

sekaligus memperkuat keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi. Dengan kombinasi kedua uji ini, penelitian ini memastikan bahwa Model-G tidak hanya valid secara desain, tetapi juga efektif dalam penerapannya di lapangan.

**a. Validasi Desain**

Validasi desain dalam penelitian ini merupakan proses untuk memastikan bahwa model tersebut telah dirancang sesuai dengan tujuan pembelajaran, relevan dengan kebutuhan siswa dan komunitas, serta efektif dalam mencapai hasil yang diinginkan. Validasi desain bertujuan untuk mengevaluasi dan menilai apakah setiap elemen dalam model pembelajaran telah memenuhi kriteria kualitas yang diharapkan dan dapat diimplementasikan secara praktis.

Berikut adalah uraian langkah-langkah dan hasil validasi desain model pembelajaran yang dilakukan dalam penelitian ini:

**1) Validasi teoretis (*Theoretical Validation*)**

Validasi ini dilakukan dengan mereview konsep dan landasan teoretis yang digunakan dalam pengembangan model. Peneliti menelaah teori-teori yang mendasari desain model untuk memastikan bahwa pendekatan yang digunakan sesuai dengan prinsip-prinsip pembelajaran yang relevan. Validasi teoretis dilakukan dengan pengkajian terhadap teori pembelajaran, teknologi pendidikan, dan metode pembelajaran berbasis lingkungan. Konsistensi dan relevansi teori-teori yang mendukung model akan dievaluasi oleh para ahli di bidang pendidikan. Jika model didasarkan pada teori yang kuat dan sesuai dengan praktik terbaik di pendidikan, maka model tersebut dianggap valid secara teoretis. Berikut adalah tabel ringkasan hasil validasi teoretis (*theoretical validation*)

**Tabel 4.14 Ringkasan hasil validasi teoretis (theoretical validation)**

| <b>Teori</b>                              | <b>Deskripsi</b>   | <b>Kutipan Hasil Penelitian</b>  | <b>Keterangan (Valid/Tidak Valid)</b> |
|---|--|--|---------------------------------------|
| Teori Pembelajaran Konstruktivis          | Siswa membangun pengetahuan melalui interaksi aktif dengan lingkungan. Efektif untuk pembelajaran berbasis pengalaman nyata dan kontekstual. | "Pendekatan konstruktivis memungkinkan siswa untuk mengembangkan pemahaman lebih dalam tentang isu-isu lingkungan" (Ahmad, 2020; Alismaiel et al., 2022; Arik & Yilmaz, 2020; Funa & Talaue, 2021; Hof, 2021; Ibañez & Pentang, 2021; Lincoln, 2003; Loughlin et al., 2021; Nurhasnah et al., 2024; Vasihali & Misra, 2020)  | Valid                                 |
| Teori Pembelajaran Berbasis Masalah (PBL) | Menggunakan masalah dunia nyata sebagai pemicu pembelajaran. Membantu siswa memahami dan memecahkan isu lingkungan secara langsung.          | "Penerapan PBL dalam pembelajaran lingkungan meningkatkan kemampuan siswa dalam menyelesaikan masalah dan berpikir kritis" (Fitarahmawati & Suhartini, 2021; Guimarães & Lima, 2021; Heuchemer et al., 2020; Houghton, 2023; Lee & Jo, 2023; Poikela et al., 2009; Prasetya et al., 2022; Prasetya & Prihandono, 2022; Rahmat et al., 2020; Razak et al., 2022; Samani et al., 2019; Savin-Baden, n.d.; Savin-Baden & Major, 2004; Suryaningtyas et al., 2020; Suryawati et al., | Valid                                 |

| Teori                          | Deskripsi   | Kutipan Hasil Penelitian   | Keterangan (Valid/Tidak Valid) |
|--------------------------------|---|--|--------------------------------|
| Teori Teknologi Pendidikan     | Penggunaan teknologi untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran, seperti simulasi dan aplikasi interaktif. | 2020; O. Seng. Tan, 2010; Widiastuti et al., 2023; Yembergenova, 2022)<br>"Integrasi teknologi pendidikan, seperti simulasi digital, meningkatkan keterlibatan siswa dalam memahami isu-isu lingkungan" (Bond et al., 2020; Carstens et al., 2021; Crook & Sutherland, 2017; Fattah et al., n.d.; Fitria, 2023; R. Huang, n.d.; Langer, 2024; Laurillard et al., 2009; Loderer et al., 2020; Ma et al., 2020; McGovern et al., 2020; Ortiz, 2023; Robles & Mallinson, 2023; Ruslan & Raudin, 2022; Saubern et al., 2020; Scalabrin Bianchi et al., 2021; Shadiev & Yang, 2020; Spector, 2015; Ursavaş, 2022; Wimelius et al., 2021; Zhi et al., 2024; Žogla, 2019) | Valid                          |
| Teori Pembelajaran Kolaboratif | Menedepankan kerja sama antar siswa, didukung oleh platform digital untuk diskusi dan berbagi informasi.    | "Pendekatan kolaboratif yang didukung oleh platform digital meningkatkan pemahaman siswa terhadap isu lingkungan" (Bakken, 2018; Bianchi et al., 2021; Chang-Tik, 2022;  | Valid                          |



| Teori                      | Deskripsi  | Kutipan Hasil Penelitian  | Keterangan (Valid/Tidak Valid) |
|----------------------------|--|---|--------------------------------|
| Teori Keterampilan Abad 21 | Mencakup keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, kreativitas, dan literasi digital yang penting dalam pembelajaran berbasis teknologi. | Chatterjee & Correia, 2020; Hasna & Darumurti, 2023; M. H. Huang & Rust, 2022; Janssen & Kirschner, 2020; Järvenoja et al., 2020; Meijer et al., 2020; Supena et al., 2021; van der Meer et al., 2023; Voogt et al., 2019; Yaacob et al., 2020; Yukselturk & Cagilta, 2007)<br>"Pembelajaran berbasis teknologi yang mengintegrasikan isu lingkungan meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa" (Abdullah et al., 2020; González-pérez & Ramírez-montoya, 2022; González-salamanca et al., 2020; J. Han et al., 2021; Illene et al., 2023; Karatas & Arpaci, 2021; Novitra et al., 2021; Sarlin et al., 2022; Szabo et al., 2020; van Laar et al., 2020; Varghese & M.N Mohamedunni Alias Musthafa, 2021) | Valid                          |
| Teori Kecerdasan Majemuk   | Mengakomodasi berbagai kecerdasan seperti logis-matematis, linguistik, dan naturalis melalui desain materi yang bervariasi.              | "Penggunaan metode berdasarkan kecerdasan majemuk, seperti simulasi untuk kecerdasan spasial, meningkatkan  | Valid                          |

| Teori                    | Deskripsi   | Kutipan Hasil Penelitian   | Keterangan (Valid/Tidak Valid) |
|--------------------------|---|--|--------------------------------|
| Teori Perubahan Sikap    | Fokus pada bagaimana materi dapat mempengaruhi dan mengubah sikap siswa terhadap isu lingkungan.                                    | <p>pemahaman siswa" (Abdelhak &amp; Romaissa, 2022; Aguayo et al., 2021; Attwood, 2022; Cichocki &amp; Kuleshov, 2021; Hamza, 2021; Jaramillo et al., 2020; KESKIN et al., 2022; Mahmood et al., 2022; Pocaan, 2022; Qutab et al., 2024; Waterhouse, 2023; Xie &amp; Xu, 2022; Yavich &amp; Rotnitsky, 2020)</p> <p>"Pendekatan pendidikan lingkungan berbasis teori perubahan sikap, dikombinasikan dengan teknologi, meningkatkan kesadaran siswa" (Ashouri &amp; Azad, 2023; Fishman et al., 2021; Kashyap &amp; Kumar, 2024; Kayani et al., 2023; E. King et al., 2023; Liu et al., 2020; Shliakhovchuk, 2024; Thurstone &amp; Chave, 1956; Zaremohzzabieh et al., 2021; Zhang et al., 2021)</p> | Valid                          |
| Teori Ekologi Pendidikan | Menekankan hubungan pendidikan dengan kesadaran ekologi, membantu siswa memahami keterkaitan ekosistem dan dampak perilaku manusia. | "Model pembelajaran berbasis ekologi dengan teknologi, seperti simulasi ekosistem, meningkatkan pemahaman siswa tentang hubungan   | Valid                          |

| Teori | Deskripsi | Kutipan Hasil Penelitian   | Keterangan (Valid/ Tidak Valid) |
|-------|-----------|--|---------------------------------|
|       |           | manusia-alam"<br>(Bourceret et al., 2021;<br>Crawford, 2020;<br>Farmasari, 2022;<br>Fulantelli et al., 2021;<br>Hu et al., 2021; J. King<br>et al., 2020; Leijen et<br>al., 2020; Mercer,<br>2023; Moate et al.,<br>2024; Navarro &<br>Tudge, 2023b; Qi &<br>Wang, 2024) |                                 |

Hasil validitas teori yang digunakan dalam pengembangan model dan materi pembelajaran terintegrasi isu-isu lingkungan berbasis teknologi menunjukkan bahwa pendekatan-pendekatan teoretis seperti konstruktivisme, PBL, dan teknologi pendidikan terbukti valid dan mendukung efektivitas model yang dikembangkan dalam penelitian ini. Teori konstruktivis memberikan landasan bagi pembelajaran yang berfokus pada pengalaman nyata, memungkinkan siswa membangun pemahaman melalui eksplorasi langsung. PBL mendorong keterampilan pemecahan masalah dengan mengajak siswa menghadapi isu lingkungan secara nyata, meningkatkan pemahaman kritis mereka. Selain itu, teori teknologi pendidikan memperkuat model dengan menyediakan alat digital yang memfasilitasi visualisasi, simulasi, dan pembelajaran interaktif, yang membuat materi kompleks lebih mudah dipahami. Secara keseluruhan, validitas teori ini memastikan bahwa model pembelajaran tidak hanya relevan dan kontekstual, tetapi juga efektif dalam meningkatkan pengetahuan dan keterampilan siswa mengenai isu-isu lingkungan

## 2) **Validasi empiris**

Validitas empiris sesuai dengan hasil analisis sebelumnya, dan dirangkum dalam bentuk Tabel 4.15. berikut ini.

**Tabel 4.15 Ringkasan Hasil Validasi Empiris**

| <b>Aspek Validasi</b>  | <b>Evaluasi oleh Pakar/Praktisi Pendidikan</b>  | <b>Evaluasi oleh Guru</b>   | <b>Hasil Akhir dan Rekomendasi</b>   |
|------------------------|---|---|--|
| Kesesuaian Teoretis    | Model dinilai sudah memadai dalam integrasi teknologi dengan pembelajaran lingkungan. Pendekatan berbasis masalah (PBL) efektif dalam mendorong keterampilan berpikir kritis. | Guru melihat siswa lebih mudah memahami konsep kompleks melalui alat visual interaktif yang disediakan dalam model.   | Model valid secara teoretis dan mendukung pembelajaran berbasis masalah. Rekomendasi: Tambahkan materi yang lebih kontekstual terkait isu lingkungan lokal.                  |
| Kelayakan Implementasi | Model dianggap layak diterapkan, tetapi perlu penambahan modul pengayaan terkait isu lokal seperti banjir rob dan pencemaran limbah industri batik.                           | Guru menyatakan model efektif saat diterapkan, namun menghadapi tantangan terkait infrastruktur teknologi di sekolah yang masih terbatas.                                     | Model valid untuk implementasi, namun perlu penyesuaian untuk sekolah dengan keterbatasan teknologi. Rekomendasi: Kembangkan alternatif pembelajaran offline.                |
| Relevansi Materi       | Materi sudah relevan dengan tujuan pembelajaran, tetapi pakar menyarankan penambahan isu spesifik lokal untuk memperdalam pemahaman siswa.                                    | Guru mencatat bahwa materi menarik dan mudah dipahami oleh siswa, khususnya dengan penggunaan video simulasi dan aplikasi berbasis proyek.                                    | Materi dianggap valid dan relevan. Rekomendasi: Pengembangan modul tambahan dengan fokus pada isu lokal yang spesifik dan kontekstual.                                       |
| Efektivitas Pengajaran | Pakar menilai bahwa pendekatan interaktif berbasis teknologi meningkatkan keterlibatan dan pemahaman siswa terhadap isu lingkungan.   | Siswa terlihat lebih tertarik dan terlibat ketika materi disajikan melalui pendekatan interaktif. Guru menyarankan adanya pelatihan untuk memaksimalkan penggunaan teknologi. | Pendekatan dinilai efektif dalam meningkatkan keterlibatan siswa. Rekomendasi: Lakukan pelatihan komprehensif bagi guru agar lebih mahir menggunakan teknologi pembelajaran. |

| <b>Aspek Validasi</b>    | <b>Evaluasi oleh Pakar/Praktisi Pendidikan</b>   | <b>Evaluasi oleh Guru</b>   | <b>Hasil Akhir dan Rekomendasi</b>  |
|--------------------------|--|---|---|
| Kesiapan Infrastruktur   | Model dapat diterapkan secara luas, namun perlu mempertimbangkan kesiapan teknologi di sekolah-sekolah tertentu yang masih kurang.                           | Guru menghadapi kendala dalam penerapan model di sekolah dengan infrastruktur teknologi yang terbatas.                        | Kesiapan teknologi menjadi tantangan utama.<br>Rekomendasi: Kembangkan strategi pengadaan perangkat teknologi atau solusi pembelajaran alternatif yang lebih fleksibel.           |
| Kebutuhan Pelatihan Guru | Pakar menyarankan adanya pelatihan untuk memastikan guru dapat menerapkan model secara optimal, khususnya dalam penggunaan aplikasi pembelajaran interaktif. | Guru mengakui perlunya pelatihan tambahan agar dapat mengoperasikan perangkat lunak dan aplikasi yang disediakan dalam model. | Diperlukan pelatihan komprehensif untuk guru. Rekomendasi: Adakan program pelatihan rutin tentang penggunaan teknologi pembelajaran dan integrasi isu lingkungan dalam kurikulum. |

### 3) **Validasi ahli (*expert judgment*)**

Hasil validasi ahli (*expert judgment*) terhadap model pembelajaran terintegrasi berbasis teknologi dan isu-isu lingkungan di Kota Pekalongan melibatkan delapan ahli yang terdiri dari dua guru senior SD, dua guru senior SMP, dua guru senior SMA, serta dua dosen dari bidang pendidikan, yaitu Dosen Pendidikan Matematika dan Dosen Manajemen Pendidikan Islam. Proses validasi ini dilakukan untuk mengevaluasi kelayakan, relevansi, dan efektivitas model sebelum diterapkan secara lebih luas di sekolah-sekolah. Penilaian dari para ahli mencakup beberapa aspek penting, seperti kesesuaian dengan kurikulum, kejelasan langkah-langkah pembelajaran, penggunaan teknologi, serta relevansi model terhadap isu lingkungan lokal. Ringkasan hasil validasi model oleh pakar ditampilkan pada tabel berikut.

**Tabel 4.16 Ringkasan Hasil Validasi Ahli (Expert Judgment) terhadap model**

| <b>Aspek Validasi</b>                  | <b>Penilaian Ahli</b>   | <b>Rekomendasi</b>  |
|--|---|---|
| Kesesuaian dengan Kurikulum            | Model ini sesuai dengan kurikulum yang berlaku dan mendukung keterampilan abad 21, terutama literasi lingkungan dan penggunaan teknologi. Model ini relevan dengan capaian pembelajaran.        | Mempertahankan kesesuaian model dengan kurikulum yang berlaku dan memperbarui materi agar tetap relevan dengan perkembangan kurikulum di masa depan.          |
| Kejelasan Langkah-langkah Pembelajaran | Langkah-langkah dalam model dinilai jelas dan terstruktur, memudahkan guru dalam penerapan bertahap dan memastikan keterlibatan aktif siswa.  | Menyediakan panduan lebih detail untuk tiap langkah agar guru dapat menerapkan model dengan konsisten di berbagai konteks pembelajaran.                       |
| Penggunaan Teknologi                   | Teknologi seperti simulasi digital dan LMS dipandang sangat relevan untuk memfasilitasi pemahaman siswa secara interaktif terhadap isu lingkungan.  | Memastikan kesiapan infrastruktur di semua sekolah. Memberikan alternatif atau solusi untuk sekolah yang mengalami keterbatasan teknologi.                    |
| Relevansi Model terhadap Isu Lokal     | Materi dan aktivitas dalam model sangat relevan dengan isu-isu lingkungan lokal (banjir rob, abrasi pantai, pencemaran limbah batik), meningkatkan kesadaran siswa terhadap lingkungan sekitar. | Menambahkan studi kasus atau proyek berbasis lingkungan lokal agar siswa dapat melihat dampak isu lingkungan langsung dan berkontribusi dalam solusi praktis. |

Berdasarkan penilaian tersebut, menunjukkan bahwa model ini mendapatkan penilaian yang sangat baik dari para guru dan dosen. Semua ahli menyatakan bahwa model ini layak untuk diterapkan dan relevan dengan konteks pembelajaran saat ini, khususnya dalam menghadapi tantangan lingkungan lokal. Mereka menekankan bahwa integrasi teknologi dan isu-isu lingkungan dengan pembelajaran berbasis proyek dan masalah sangat membantu meningkatkan keterampilan abad ke-21 siswa, termasuk keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, serta literasi digital. Berdasarkan masukan dari para ahli, beberapa rekomendasi diberikan untuk memperbaiki dan memperkuat model, seperti penambahan komponen nilai-nilai agama dan

spiritual serta penyesuaian tingkat kesulitan teknologi untuk siswa SD.

#### 4) **Validasi keterlibatan dan ketercapaian tujuan pembelajaran**

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan guru dan kepala sekolah, keterlibatan siswa dalam penerapan model ini cukup tinggi, sebagaimana ditampilkan pada tabel 4.17 berikut.

**Tabel 4.17 Ringkasan hasil validasi keterlibatan dan ketercapaian tujuan pembelajaran**

| <b>Aspek Validasi</b>            | <b>Hasil Validasi</b>  | <b>Kesimpulan</b>  |
|----------------------------------|--|--|
| Keterlibatan Siswa               | Siswa menunjukkan minat yang tinggi dan partisipasi aktif dalam pembelajaran menggunakan media interaktif, seperti video simulasi dan aplikasi berbasis proyek. Siswa terlihat antusias dalam kegiatan kolaboratif dan eksplorasi langsung terkait isu lingkungan. | Model efektif dalam meningkatkan keterlibatan siswa melalui pendekatan interaktif dan kolaboratif, menjadikan pembelajaran lebih bermakna dan menarik bagi siswa.          |
| Ketercapaian Tujuan Pembelajaran | Pre-test dan post-test menunjukkan peningkatan signifikan pada pemahaman siswa terhadap isu-isu lingkungan lokal, keterampilan berpikir kritis, dan kemampuan analisis dampak lingkungan dengan teknologi.   | Model berhasil mencapai tujuan pembelajaran yang ditetapkan, meningkatkan pemahaman konsep lingkungan, keterampilan abad 21, dan aplikasi pengetahuan dalam konteks nyata. |

Berdasarkan hasil kajian tersebut, model pembelajaran berbasis isu lingkungan di Kota Pekalongan ini terbukti valid dalam meningkatkan keterlibatan siswa, terutama melalui penggunaan teknologi dan isu-isu lokal. Meskipun demikian, terdapat beberapa tantangan dalam ketercapaian tujuan pembelajaran, seperti kesulitan siswa mengerjakan soal cerita dan relevansi materi, perlu mendapatkan perhatian lebih lanjut. Kolaborasi antar instansi dan perbaikan kurikulum berbasis teknologi juga perlu ditingkatkan untuk mendukung keberhasilan program ini secara keseluruhan

#### 5) **Validasi kesesuaian dengan kebijakan pendidikan**

Hasil validasi kesesuaian model pembelajaran terintegrasi isu-isu lingkungan berbasis teknologi dengan kebijakan pendidikan menunjukkan bahwa model ini relevan

dengan arah kebijakan nasional dalam mendukung pembelajaran kontekstual dan berbasis lingkungan hidup. Model ini secara langsung mengacu pada kebijakan pendidikan yang tertuang dalam kurikulum nasional, yang mendorong penerapan pembelajaran berbasis masalah (problem-based learning) dan pendidikan karakter, khususnya terkait dengan kesadaran lingkungan. Sebagaimana ditampilkan pada tabel 4.18 berikut.

**Tabel 4.18 Ringkasan hasil validasi kesesuaian dengan kebijakan pendidikan**

| <b>Aspek Kebijakan Pendidikan</b>                | <b>Deskripsi Kesesuaian Model</b>   | <b>Peraturan Perundang-undangan yang Terkait</b>  |
|--|---|---|
| Kesesuaian dengan Kurikulum Merdeka              | Model mendukung Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran berbasis proyek (project-based learning) dan pengembangan karakter Profil Pelajar Pancasila, seperti berpikir kritis, kreatif, dan cinta lingkungan. Model ini membantu siswa memahami isu lingkungan melalui aktivitas kontekstual dan kolaboratif. | Permendikbud No. 56/M/2022 tentang Pedoman Penerapan Kurikulum Merdeka dalam Satuan Pendidikan.   |
| Dukungan terhadap Pendidikan Berbasis Lingkungan | Model sesuai dengan kebijakan pendidikan berbasis lingkungan dan nilai karakter Pancasila, khususnya dalam menumbuhkan kesadaran dan tanggung jawab sosial terhadap lingkungan. Model ini memfasilitasi pengembangan karakter melalui pemahaman isu-isu lingkungan lokal yang konkret.                              | Permendikbud No. 20 Tahun 2018 tentang Penguatan Pendidikan Karakter (PPK); Permenko PMK No. 6 Tahun 2021 tentang Gerakan Nasional Revolusi Mental. |
| Integrasi Teknologi dalam Pembelajaran           | Model mendukung kebijakan pemerintah untuk digitalisasi pendidikan dengan pemanfaatan teknologi dalam proses pembelajaran, seperti aplikasi simulasi lingkungan dan platform digital, meningkatkan  | Peraturan Pemerintah No. 17 Tahun 2010 tentang Pengelolaan dan Penyelenggaraan Pendidikan, khususnya Pasal 70 tentang media                         |



| <b>Aspek Kebijakan Pendidikan</b>  | <b>Deskripsi Kesesuaian Model</b>  | <b>Peraturan Perundang-undangan yang Terkait</b>   |
|--|--|--|
| Pendidikan Karakter Berbasis Lingkungan sesuai dengan Profil Pelajar Pancasila | keterampilan literasi digital siswa.<br>Fokus model ini pada nilai-nilai Profil Pelajar Pancasila, khususnya dalam aspek cinta lingkungan, kerjasama, dan tanggung jawab sosial. Keterlibatan siswa dalam proyek lingkungan relevan untuk membangun karakter positif dan partisipasi aktif mereka dalam memelihara lingkungan. | pembelajaran berbasis teknologi.<br>Perpres No. 87 Tahun 2017 tentang Penguatan Pendidikan Karakter dan Kebijakan Merdeka Belajar yang mendukung pendekatan tematik berbasis lingkungan lokal. |
| Dukungan terhadap Agenda Global untuk Pendidikan Lingkungan (ESD)              | Model berkontribusi pada komitmen global melalui Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan (Education for Sustainable Development/ESD), yang menjadi bagian dari agenda pendidikan nasional untuk mendukung pembangunan berkelanjutan.  | Perpres No. 59 Tahun 2017 tentang Pelaksanaan Pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) dan agenda Pembangunan Berkelanjutan 2030.  |

Tabel 4.18 ini menunjukkan bahwa model pembelajaran terintegrasi isu-isu lingkungan berbasis teknologi ini sesuai dengan Kurikulum Merdeka dan berbagai kebijakan pendidikan lainnya di Indonesia, serta mendukung pencapaian tujuan pendidikan nasional dan global, khususnya di bidang lingkungan hidup.

#### **b. Perbaikan Desain**

Tabel 4.19 di bawah ini merangkum temuan dari validasi dan menjadi dasar untuk memperbaiki desain agar sesuai dengan hasil validasi dan kebijakan pendidikan yang relevan.

**Tabel 4.19 Ringkasan temuan validasi model**

| <b>Aspek/Komponen</b>               | <b>Temuan Validasi</b>                                 | <b>Perbaikan yang Disarankan pada Desain</b>            |
|-------------------------------------|--|---|
| Kesesuaian dengan Kurikulum Merdeka | Model sudah sesuai dengan Kurikulum Merdeka, mendukung | Melakukan pemutakhiran materi agar terus relevan dengan |

| <b>Aspek/Komponen</b>                          | <b>Temuan Validasi</b>   | <b>Perbaikan yang Disarankan pada Desain</b>  |
|--|--|---|
|  | pembelajaran berbasis proyek dan pengembangan Profil Pelajar Pancasila, khususnya pada aspek berpikir kritis, kreatif, dan cinta lingkungan.   | perkembangan Kurikulum Merdeka dan kebutuhan di lapangan.   |
| Kejelasan Langkah-langkah Pembelajaran         | Langkah-langkah pembelajaran terstruktur dan jelas, memudahkan guru dalam penerapan bertahap dan meningkatkan keterlibatan aktif siswa.  | Menambahkan panduan yang lebih mendetail di setiap langkah agar guru dapat mengimplementasikan model dengan konsisten dan efektif.                              |
| Penggunaan Teknologi                           | Penggunaan teknologi seperti simulasi digital dan aplikasi interaktif sangat mendukung pemahaman siswa terhadap isu lingkungan. Namun, kesiapan infrastruktur di beberapa sekolah masih menjadi kendala. | Menyediakan alternatif pembelajaran berbasis cetak atau offline untuk sekolah yang memiliki keterbatasan infrastruktur teknologi.                               |
| Relevansi Materi terhadap Isu Lingkungan Lokal | Materi sudah relevan dengan isu-isu lingkungan lokal, seperti banjir rob dan pencemaran limbah batik, yang meningkatkan kesadaran siswa terhadap permasalahan lingkungan di sekitar mereka.              | Menambahkan studi kasus atau proyek berbasis isu lokal untuk memperdalam pemahaman siswa mengenai isu lingkungan spesifik di Kota Pekalongan.                   |
| Keterlibatan Siswa                             | Model efektif dalam meningkatkan keterlibatan siswa melalui media interaktif dan kegiatan kolaboratif, membuat pembelajaran lebih menarik dan bermakna bagi siswa.                                       | Meningkatkan variasi aktivitas kolaboratif untuk menjaga antusiasme siswa di setiap tahap pembelajaran.   |
| Ketercapaian Tujuan Pembelajaran               | Terdapat peningkatan signifikan pada pemahaman siswa terkait isu lingkungan dan keterampilan berpikir kritis. Model berhasil mencapai tujuan pembelajaran yang ditetapkan.                               | Melakukan evaluasi berkala untuk memastikan ketercapaian tujuan pembelajaran di setiap implementasi dan menyesuaikan metode evaluasi sesuai perkembangan siswa. |
| Kesesuaian dengan Kebijakan Pendidikan         | Model sesuai dengan kebijakan pendidikan nasional, termasuk Kurikulum Merdeka, Profil Pelajar Pancasila, dan komitmen terhadap pendidikan lingkungan   | Memastikan keselarasan model dengan kebijakan baru atau perubahan peraturan pendidikan yang mungkin muncul di masa depan.                                       |

| Aspek/Komponen   | Temuan Validasi   | Perbaikan yang Disarankan pada Desain  |
|--|---|--|
| Kebutuhan Pelatihan Guru   | berbasis pembangunan berkelanjutan (ESD).<br>Guru memerlukan pelatihan tambahan untuk mengoptimalkan penggunaan teknologi dan memaksimalkan efektivitas model, terutama dalam konteks pembelajaran berbasis proyek dan digital.   | Menyelenggarakan pelatihan komprehensif bagi guru mengenai penggunaan teknologi pembelajaran dan metode integrasi isu lingkungan dalam kurikulum sekolah.  |
| Kolaborasi antar Stakeholder (Pemerintah, Sekolah, dan Masyarakat) | Kolaborasi antara pemerintah, sekolah, dan masyarakat dinilai penting untuk mendukung pelaksanaan model. Pemerintah dapat mendukung melalui kebijakan dan penyediaan infrastruktur, sekolah melalui implementasi kurikulum, dan masyarakat melalui partisipasi dalam kegiatan lingkungan. | Meningkatkan komunikasi antara sekolah, pemerintah, dan masyarakat, termasuk pengembangan program sosialisasi bersama dan kerja sama dengan komunitas lokal untuk memperkuat dukungan lingkungan di sekolah. |

### c. Efektivitas Model

Berdasarkan hasil tabel uji-t sampel berpasangan, efektivitas model pembelajaran dan materi terintegrasi isu-isu lingkungan berbasis teknologi di Kota Pekalongan dianalisis menggunakan beberapa kriteria efektivitas utama. Kriteria tersebut meliputi peningkatan hasil belajar siswa, signifikansi perubahan, konsistensi hasil, dampak pada pemahaman lintas tingkat kemampuan, kontribusi model pembelajaran terhadap hasil, dan relevansi model terhadap isu lingkungan. Berikut adalah uraian berdasarkan setiap kriteria tersebut:

- 1) Peningkatan Hasil Belajar Siswa: Dari data yang disajikan, terdapat peningkatan rata-rata skor dari *Pre-Lit* (23,79) ke *Post-Lit* (28,38). Peningkatan ini menunjukkan bahwa model pembelajaran dan materi yang terintegrasi dengan isu-isu lingkungan berhasil meningkatkan pemahaman siswa. Peningkatan skor rata-rata ini menjadi indikator bahwa model pembelajaran ini efektif dalam meningkatkan hasil belajar, khususnya dalam topik-topik yang terkait dengan isu lingkungan dan teknologi.
- 2) Signifikansi Perubahan: Hasil *t-test* menunjukkan nilai *t-statistic* sebesar -9,07, yang jauh lebih besar dari nilai kritis

$t$  pada level signifikansi 0,05 dan 0,01. Ini mengindikasikan bahwa perbedaan antara skor *Pre-Lit* dan *Post-Lit* sangat signifikan secara statistik. Nilai  $p$  yang sangat rendah (3,30E-18 untuk *one-tail* dan 6,61E-18 untuk *two-tail*) juga mendukung kesimpulan bahwa perubahan tersebut tidak terjadi secara kebetulan. Oleh karena itu, dari segi signifikansi statistik, model ini dapat dikatakan efektif karena menghasilkan peningkatan yang signifikan pada pemahaman siswa setelah penerapan model pembelajaran.

- 3) Konsistensi Hasil (Variansi): Variansi pada skor *Pre-Lit* adalah 53,55, sedangkan pada *Post-Lit* adalah 52,65. Variansi yang relatif stabil ini menunjukkan bahwa hasil pembelajaran meningkat secara konsisten di seluruh siswa, tanpa ada penyebaran nilai yang drastis. Ini mengindikasikan bahwa model pembelajaran ini memberikan manfaat yang merata bagi semua siswa, terlepas dari perbedaan kemampuan atau pemahaman awal mereka. Konsistensi ini penting dalam menilai efektivitas model pembelajaran, karena menunjukkan bahwa peningkatan pemahaman tidak hanya terbatas pada kelompok siswa tertentu.
- 4) Dampak pada Berbagai Tingkat Kemampuan Siswa: Nilai korelasi Pearson sebesar 0,097 menunjukkan bahwa hubungan antara skor *Pre-Lit* dan *Post-Lit* relatif rendah, artinya peningkatan nilai tidak bergantung pada kemampuan awal siswa. Dengan kata lain, model pembelajaran ini efektif untuk meningkatkan pemahaman siswa di berbagai tingkatan kemampuan. Baik siswa dengan pemahaman awal yang baik maupun yang rendah dapat merasakan manfaat dari pembelajaran ini, sehingga model ini memiliki cakupan dampak yang luas.
- 5) Kontribusi Model Pembelajaran terhadap Hasil Belajar: Hasil dari  $t$ -test menunjukkan bahwa peningkatan nilai pada *Post-Lit* bukan disebabkan oleh variabel eksternal atau perubahan yang terjadi secara kebetulan, melainkan merupakan dampak langsung dari penerapan model pembelajaran yang terintegrasi dengan isu-isu lingkungan. Efektivitas model ini tercermin dalam peranannya sebagai faktor utama dalam meningkatkan pemahaman siswa tentang isu lingkungan. Artinya, kontribusi model pembelajaran ini

terhadap hasil belajar siswa sangat signifikan, menjadikannya alat yang efektif dalam pendidikan berbasis lingkungan.

- 6) Relevansi Model terhadap Isu Lingkungan: Model pembelajaran ini dirancang untuk mengintegrasikan isu-isu lingkungan berbasis teknologi, yang relevan dengan permasalahan lokal di Kota Pekalongan, seperti banjir rob dan abrasi pantai. Relevansi ini meningkatkan kesadaran dan kepekaan siswa terhadap permasalahan yang dekat dengan kehidupan mereka sehari-hari. Dalam konteks efektivitas, model yang relevan seperti ini tidak hanya meningkatkan pemahaman siswa tetapi juga membangun keterlibatan emosional dan kesadaran sosial mereka, yang dapat memotivasi mereka untuk berkontribusi dalam pelestarian lingkungan di masa depan.

#### d. Efisiensi

Efisiensi model pembelajaran yang terintegrasi dengan isu-isu lingkungan berbasis teknologi di Kota Pekalongan dinilai dari beberapa perspektif, yaitu dari segi sumber daya waktu, biaya, tenaga pengajar, kemudahan penerapan, penerimaan oleh siswa, dan dampak pembelajaran yang merata. Model ini dirancang untuk meningkatkan pemahaman siswa tentang isu-isu lingkungan yang relevan secara lokal, seperti banjir rob dan abrasi pantai, dengan memanfaatkan teknologi sebagai media pembelajaran. Dari sisi waktu, penggunaan teknologi memungkinkan siswa untuk mengakses materi pembelajaran secara fleksibel dan lebih cepat memahami konsep yang diajarkan, terutama yang membutuhkan visualisasi atau simulasi digital. Dengan begitu, siswa dapat menghemat waktu dalam memahami konsep yang kompleks, yang pada akhirnya membuat pembelajaran menjadi lebih efisien, sebagaimana juga dapat dilihat pada tabel 4.20 berikut.

**Tabel 4.20 Ringkasan Efisiensi Model-G**

| Aspek Efisiensi | Deskripsi  |
|-----------------|--|
| Waktu           | Penggunaan teknologi memungkinkan siswa untuk memahami konsep dengan lebih cepat dan fleksibel, terutama pada materi yang membutuhkan visualisasi atau simulasi. Ini menghemat waktu dalam pembelajaran dan mempercepat pemahaman siswa. |

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Biaya                    | Meskipun ada biaya awal untuk pengadaan perangkat atau pelatihan guru, teknologi dapat digunakan dalam jangka panjang dengan biaya tambahan yang minimal. Materi dapat digunakan kembali, sehingga menghemat pengeluaran dalam jangka panjang.                   |
| Tenaga Pengajar          | Model ini mengurangi beban kerja guru dengan memungkinkan mereka untuk membuat modul atau materi pembelajaran yang bisa diakses siswa secara mandiri, sehingga guru bisa fokus pada bimbingan individual sesuai kebutuhan siswa.                                 |
| Kemudahan Penerapan      | Karena berbasis teknologi, model ini mudah diterapkan dalam berbagai situasi, baik pembelajaran di kelas maupun jarak jauh. Model ini juga adaptif terhadap situasi darurat seperti pandemi, memungkinkan siswa tetap belajar tanpa hambatan.                    |
| Penerimaan Siswa         | Teknologi yang dekat dengan kehidupan sehari-hari membuat siswa lebih termotivasi dan mudah memahami materi. Dengan visualisasi dan simulasi, siswa dapat memahami isu lingkungan lebih cepat, dan mereka dapat belajar sesuai dengan kecepatan masing-masing.   |
| Pemerataan Hasil Belajar | Model ini menyediakan materi yang dapat diakses oleh semua siswa, termasuk mereka yang membutuhkan bantuan tambahan. Siswa dengan berbagai tingkat kemampuan bisa belajar mandiri, memungkinkan hasil pembelajaran yang merata tanpa intervensi yang berlebihan. |

#### e. Keterlaksanaan/keterterapan

Berdasarkan kondisi yang ada, keterlaksanaan atau keterterapan model pembelajaran yang mengintegrasikan isu-isu lingkungan berbasis teknologi di Kota Pekalongan menghadapi beberapa tantangan besar. Salah satu tantangan utamanya adalah rendahnya pemanfaatan Learning Management System (LMS) yang sebenarnya sudah disediakan oleh sekolah. Meskipun sekolah telah berinvestasi dalam menyediakan LMS sebagai platform pembelajaran daring dan teknologi pendukung, harapan untuk kembali ke pembelajaran tatap muka setelah pandemi membuat LMS ini kurang difungsikan. Kebiasaan dan kenyamanan dalam metode tatap muka membuat banyak guru dan siswa merasa lebih mudah kembali ke metode pembelajaran lama. Akibatnya, teknologi yang seharusnya dapat dimanfaatkan untuk mendukung pembelajaran berbasis isu lingkungan berbasis teknologi tidak lagi menjadi bagian utama dalam kegiatan belajar mengajar, mengurangi efektivitas model pembelajaran yang dirancang.

Kemampuan guru dalam menggunakan teknologi juga menjadi kendala penting yang memengaruhi keterterapan model ini. Kompetensi teknologi guru sangat variatif, dan terutama pada guru-guru yang sudah berusia lanjut, keterampilan untuk memanfaatkan teknologi canggih seperti LMS masih menjadi tantangan. Guru-guru senior cenderung mengalami kesulitan dalam beradaptasi dengan perubahan teknologi yang cepat, dan beberapa di antaranya lebih nyaman menggunakan metode pengajaran tradisional. Ketika model pembelajaran berbasis teknologi ini diterapkan, ketidakmerataan keterampilan teknologi di antara guru membuat implementasi model menjadi tidak konsisten. Guru yang lebih muda atau yang melek teknologi mungkin lebih mampu mengadaptasi metode baru ini, sementara guru yang kurang terbiasa dengan teknologi akan kesulitan menerapkan LMS atau alat pembelajaran digital lainnya secara efektif.

Selain itu, keberadaan LMS yang tidak dimanfaatkan sepenuhnya menimbulkan masalah dalam hal kesinambungan dan konsistensi dalam proses belajar. LMS seharusnya menjadi platform sentral yang memungkinkan siswa mengakses materi pembelajaran kapan saja dan dari mana saja, terutama untuk materi berbasis isu lingkungan yang mungkin memerlukan pengulangan atau eksplorasi lebih lanjut. Namun, dengan kembalinya metode pembelajaran tradisional, siswa kehilangan akses fleksibel terhadap materi yang sudah tersimpan di LMS. Ini mengurangi kesempatan bagi siswa untuk belajar secara mandiri atau mendalami materi di luar jam sekolah, yang sebenarnya merupakan salah satu keuntungan utama dari pembelajaran berbasis teknologi.

Tantangan keterterapan model ini semakin besar karena adanya ketergantungan pada kemampuan guru dalam mengoperasikan LMS dan alat-alat teknologi lainnya. Variasi dalam keterampilan guru menyebabkan kualitas penerapan model menjadi tidak merata antar kelas atau kelompok belajar. Siswa di kelas yang diampu oleh guru yang mampu menggunakan teknologi dengan baik mungkin mendapatkan pengalaman pembelajaran yang lebih kaya, sementara siswa di kelas yang diampu oleh guru yang kurang terampil dalam teknologi mungkin tidak mendapatkan

manfaat yang sama. Hal ini menimbulkan kesenjangan dalam pengalaman belajar siswa, yang berpotensi mengurangi efektivitas model pembelajaran secara keseluruhan.

Untuk mengatasi masalah ini, pelatihan dan dukungan teknologi yang lebih berkelanjutan bagi guru sangat diperlukan. Guru-guru senior khususnya perlu mendapatkan pelatihan intensif agar mereka dapat merasa lebih nyaman dan percaya diri dalam menggunakan LMS serta alat-alat teknologi pendukung lainnya. Selain itu, penyediaan pendampingan atau mentor teknologi di sekolah dapat membantu guru-guru yang kurang mahir agar mereka dapat tetap menerapkan pembelajaran berbasis teknologi secara konsisten. Dengan pendekatan ini, sekolah dapat memastikan bahwa seluruh guru memiliki kemampuan yang cukup untuk menjalankan model pembelajaran ini, sehingga keterterapan model tidak tergantung pada kemampuan individu guru.

Meskipun tantangan dalam keterterapan model ini cukup besar, terutama karena rendahnya pemanfaatan LMS dan perbedaan keterampilan teknologi antar guru, ada peluang untuk meningkatkan implementasinya melalui dukungan, pelatihan, dan kebijakan yang mendukung penggunaan teknologi di kelas. Dengan demikian, model pembelajaran yang mengintegrasikan isu lingkungan berbasis teknologi ini masih memiliki potensi untuk diterapkan secara efektif jika tantangan-tantangan ini dapat diatasi melalui upaya peningkatan kapasitas teknologi di kalangan guru dan komitmen sekolah untuk mengoptimalkan penggunaan LMS yang sudah disediakan.

#### **f. Keberterimaan**

Keberterimaan model pembelajaran berbasis isu-isu lingkungan di Kota Pekalongan menunjukkan respons positif dari berbagai pihak yang terlibat, yaitu siswa, guru, dan orang tua. Siswa memperlihatkan antusiasme yang tinggi ketika materi pembelajaran menampilkan isu-isu lingkungan yang terjadi di sekitar mereka. Topik-topik yang relevan dengan kehidupan sehari-hari, seperti banjir rob dan pencemaran lingkungan, membuat siswa lebih tertarik dan merasa terhubung dengan materi yang disampaikan. Antusiasme ini mencerminkan keberterimaan siswa terhadap model pembelajaran ini. Namun,



tantangan tetap ada, yaitu kesulitan siswa dalam menerjemahkan kasus-kasus nyata menjadi konsep atau materi pembelajaran. Hal ini menunjukkan bahwa siswa membutuhkan bimbingan lebih lanjut dalam menghubungkan antara fenomena dunia nyata dengan teori atau materi pelajaran, sehingga mereka tidak hanya tertarik tetapi juga mampu memahami materi dengan mendalam.

Guru juga menunjukkan tingkat keberterimaan yang tinggi terhadap model pembelajaran ini. Sebagian besar guru merasa termotivasi dan antusias karena model ini tidak hanya memberikan variasi dalam metode pembelajaran, tetapi juga menanamkan nilai kepedulian lingkungan kepada siswa. Guru berharap bahwa model ini dapat meningkatkan sensitivitas dan kepedulian siswa terhadap permasalahan lingkungan yang mereka hadapi dalam kehidupan sehari-hari. Dorongan dan harapan guru ini menunjukkan bahwa mereka memahami manfaat model pembelajaran ini dan mendukung penerapannya secara penuh. Namun, guru tetap menghadapi tantangan dalam memastikan bahwa setiap siswa dapat menangkap materi secara maksimal, terutama ketika siswa mengalami kesulitan dalam mengaitkan isu lingkungan dengan konsep pembelajaran yang diajarkan.

Dari sisi orang tua siswa, keberterimaan terhadap model ini juga meningkat ketika mereka diberikan pemahaman mengenai manfaat dari pendekatan pembelajaran berbasis isu lingkungan. Pada awalnya, orang tua hanya menganggap sekolah sebagai tempat anak-anak mereka belajar secara umum, tanpa banyak mengetahui detail tentang kurikulum atau model pembelajaran yang diterapkan. Mereka jarang dilibatkan dalam proses perumusan kurikulum atau kebijakan sekolah, sehingga hanya mengetahui bahwa anak-anak mereka bersekolah seperti biasa. Namun, ketika orang tua diberi penjelasan tentang potensi model ini, terutama bagaimana model tersebut dapat mendorong siswa untuk menghasilkan solusi berupa alat atau teknologi yang bermanfaat, minat dan dukungan mereka meningkat. Mereka tertarik dengan gagasan bahwa anak-anak mereka tidak hanya belajar teori, tetapi juga bisa menghasilkan solusi nyata yang berdampak positif pada lingkungan sekitar.

Selain itu, keterlibatan orang tua juga dapat ditingkatkan melalui komunikasi yang lebih intens dari pihak sekolah mengenai

tujuan dan manfaat dari model pembelajaran ini. Ketika orang tua melihat bahwa model ini dapat memberikan keterampilan praktis bagi anak-anak mereka, mereka akan lebih mendukung implementasinya. Keberterimaan yang lebih tinggi dari orang tua tidak hanya memperkuat implementasi model pembelajaran, tetapi juga membantu menciptakan dukungan dari rumah, di mana orang tua bisa memotivasi dan mendorong anak-anak untuk terlibat dalam pembelajaran berbasis lingkungan. Dukungan dari orang tua dapat memberikan efek sinergis yang memperkuat pembelajaran di sekolah dan membangun kesadaran lingkungan pada anak-anak secara berkelanjutan.

Secara keseluruhan, tingkat keberterimaan yang tinggi dari siswa, guru, dan orang tua menjadi modal yang kuat untuk keberhasilan model pembelajaran ini. Antusiasme siswa, motivasi guru, dan dukungan orang tua membentuk fondasi yang kokoh bagi model ini untuk diimplementasikan secara berkelanjutan di sekolah-sekolah di Kota Pekalongan. Namun, untuk mencapai keberterimaan yang optimal, diperlukan upaya tambahan dalam mengatasi tantangan yang dihadapi, seperti membantu siswa mengaitkan kasus dunia nyata dengan materi pelajaran dan meningkatkan komunikasi dengan orang tua tentang tujuan pembelajaran. Dengan pendekatan ini, keberterimaan model pembelajaran berbasis isu-isu lingkungan ini dapat terus meningkat dan memberikan dampak yang signifikan dalam membentuk generasi muda yang lebih peka dan peduli terhadap lingkungan.

## **B. PEMBAHASAN**

### **1. Deskripsi Implementasi Model-G**

Implementasi Model-G menekankan pada integrasi isu-isu lingkungan ke dalam materi pembelajaran yang sesuai dengan kurikulum resmi, dengan fokus pada mata pelajaran yang digunakan sebagai sampel penelitian yaitu Matematika, IPA, IPS di jenjang SD dan SMP, serta Matematika, IPA, IPS, dan Sosiologi di jenjang SMA. Model ini bertujuan untuk memberikan pembelajaran yang relevan dan kontekstual bagi siswa, menjadikan isu lingkungan sebagai konteks

nyata yang meningkatkan pemahaman dan keterampilan siswa. Teknologi digunakan sebagai alat bantu yang memperlancar penyampaian materi.

Pada jenjang SD, Model-G diterapkan melalui pendekatan tematik yang disesuaikan dengan tingkat kognitif siswa. Isu lingkungan seperti banjir rob diintegrasikan ke dalam Matematika dengan meminta siswa menghitung luas daerah yang terdampak banjir atau menghitung volume air yang tergenang. Pada mata pelajaran IPA, siswa mempelajari siklus air dan penyebab banjir rob melalui animasi interaktif. Dalam IPS, siswa diajak mengidentifikasi dampak sosial dan ekonomi yang ditimbulkan oleh banjir. Penelitian menunjukkan bahwa pendekatan ini tidak hanya meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi, tetapi juga menumbuhkan kepedulian mereka terhadap lingkungan.

Di jenjang SMP, Model-G menekankan pembelajaran berbasis proyek yang melibatkan analisis limbah batik. Dalam Matematika, siswa menggunakan data pengamatan limbah untuk menghitung persentase polutan dalam air atau membuat grafik distribusi limbah. Pada IPA, siswa mempelajari reaksi kimia yang terjadi akibat pencemaran air oleh limbah batik. Dalam IPS, siswa mendalami dampak pencemaran terhadap kehidupan masyarakat setempat, termasuk perubahan pola kerja dan ekonomi. Penelitian menunjukkan bahwa integrasi ini membantu siswa melihat hubungan antara berbagai mata pelajaran dengan masalah lingkungan nyata, meningkatkan keterampilan analitis dan pemecahan masalah mereka.

Pada jenjang SMA, Model-G difokuskan pada isu abrasi pantai dan dampaknya terhadap masyarakat sekitar. Dalam Matematika, siswa menggunakan data lapangan untuk memodelkan pola abrasi menggunakan grafik dan fungsi eksponensial. Pada IPA, siswa menganalisis perubahan struktur tanah akibat abrasi dan pengaruhnya terhadap vegetasi. Dalam IPS, siswa mempelajari dampak sosial dan ekonomi dari abrasi, seperti hilangnya lahan produktif. Pada Sosiologi, siswa menganalisis respons masyarakat terhadap abrasi, termasuk adaptasi yang dilakukan oleh penduduk lokal. Dengan pendekatan ini, siswa SMA diajak untuk berpikir kritis dan kreatif dalam menyusun solusi berbasis teknologi.

Guru memainkan peran penting dalam mengintegrasikan isu lingkungan ke dalam semua mata pelajaran sesuai kurikulum. Tantangan utama adalah memastikan bahwa integrasi ini tetap mendukung pencapaian target pembelajaran. Guru diberikan pelatihan intensif untuk memanfaatkan teknologi sebagai alat bantu yang mempermudah pengajaran, seperti simulasi digital untuk menjelaskan konsep ilmiah atau aplikasi berbasis data untuk mendukung analisis siswa. Hasil wawancara dengan guru menunjukkan bahwa Model-G memberikan motivasi tambahan bagi siswa, meskipun beberapa guru menyarankan pendampingan berkelanjutan untuk memaksimalkan penerapan teknologi.

Siswa terlibat aktif dalam pembelajaran dengan menyelesaikan tugas berbasis proyek dan masalah yang terkait langsung dengan isu lingkungan. Siswa SD lebih fokus pada aktivitas eksploratif seperti membuat poster atau maket, sementara siswa SMP dan SMA terlibat dalam pengumpulan data dan penyelesaian masalah yang lebih kompleks. Dalam semua jenjang, siswa menunjukkan pemahaman yang lebih baik terhadap materi pembelajaran setelah menerapkan Model-G, serta mampu menghasilkan solusi yang relevan dengan masalah lingkungan di sekitar mereka.

Sekolah mendukung penerapan Model-G dengan mengintegrasikan pembelajaran berbasis lingkungan ke dalam program tahunan mereka. Meski terdapat keterbatasan infrastruktur di beberapa sekolah, dukungan dari kepala sekolah dan kolaborasi dengan pemerintah daerah memungkinkan model ini diterapkan dengan baik. Misalnya, SMA Negeri 4 Pekalongan menggunakan laboratorium komputer untuk mendukung pembelajaran berbasis teknologi, sementara SDN Panjang Wetan memanfaatkan media sederhana seperti proyektor dan poster untuk memperkuat visualisasi konsep.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi isu lingkungan ke dalam semua mata pelajaran, terutama Matematika, IPA, IPS, dan Sosiologi, efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi sekaligus menumbuhkan kesadaran mereka terhadap lingkungan. Teknologi sebagai sarana pendukung mampu memperkaya pengalaman belajar siswa dan meningkatkan keterlibatan mereka dalam

pembelajaran. Penelitian merekomendasikan peningkatan pelatihan guru dan pengadaan infrastruktur yang memadai untuk mendukung implementasi Model-G secara berkelanjutan. Dengan fokus pada relevansi materi pembelajaran dan kehidupan sehari-hari siswa, Model-G memiliki potensi besar untuk memberikan dampak positif pada pendidikan dan lingkungan di Kota Pekalongan.

## **2. Hasil Uji Efektivitas Model**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Model-G memiliki dampak signifikan dalam meningkatkan sensitivitas dan kepedulian siswa terhadap isu-isu lingkungan di Kota Pekalongan. Uji paired t-test yang dilakukan pada siswa SD Negeri Panjang Wetan, SMP Negeri 2 Kota Pekalongan, dan SMAN 4 Kota Pekalongan menunjukkan peningkatan rata-rata skor pretest ke posttest pada ketiga jenjang pendidikan. Hasil ini mencerminkan bahwa integrasi isu lingkungan dan teknologi dalam pembelajaran efektif dalam mencapai tujuan pembelajaran yang relevan dengan kebutuhan lokal. Pada jenjang SD, rata-rata skor meningkat dari 24,1 menjadi 28,8, sedangkan pada jenjang SMP meningkat dari 25,44 menjadi 28,26, dan pada jenjang SMA meningkat dari 24,21 menjadi 28,00. Peningkatan ini mencerminkan keberhasilan intervensi Model-G dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap isu lingkungan.

Pada jenjang SD, hasil uji menunjukkan bahwa nilai p (one-tail) sebesar 0,0078 ( $p < 0,05$ ) menegaskan adanya perbedaan signifikan antara nilai pretest dan posttest. Hal ini menunjukkan bahwa Model-G memberikan pengaruh positif dalam meningkatkan sensitivitas siswa terhadap dampak banjir rob. Siswa SD cenderung menunjukkan minat yang tinggi dalam kegiatan pembelajaran berbasis eksplorasi, seperti pengamatan visual dan pembuatan poster mitigasi lingkungan. Keterlibatan aktif siswa dalam aktivitas ini memberikan kontribusi besar terhadap peningkatan pemahaman mereka.

Hasil pada jenjang SMP juga menunjukkan peningkatan sensitivitas siswa terhadap isu pencemaran limbah batik. Meskipun nilai t-statistik sebesar -1,51 tidak signifikan secara statistik ( $p > 0,05$ ), hasil observasi menunjukkan bahwa siswa lebih antusias dalam kegiatan berbasis proyek. Proyek seperti analisis limbah batik menggunakan aplikasi berbasis data

membantu siswa menghubungkan konsep yang dipelajari dengan kehidupan sehari-hari. Meskipun secara statistik hasil ini tidak signifikan, observasi menunjukkan adanya peningkatan pemahaman konseptual siswa.

Pada jenjang SMA, hasil uji menunjukkan bahwa nilai  $p$  (one-tail) sebesar 0,017 ( $p < 0,05$ ) mendukung hipotesis bahwa Model-G mampu meningkatkan sensitivitas dan kepedulian siswa terhadap abrasi pantai dan dampak ekologinya. Peningkatan rata-rata skor dari pretest ke posttest menunjukkan bahwa siswa SMA lebih mampu menganalisis data lapangan dan menghasilkan solusi berbasis teknologi, seperti pemetaan abrasi pantai dengan perangkat lunak digital. Hal ini mencerminkan kemampuan siswa untuk berpikir kritis dan kreatif dalam menyelesaikan masalah lingkungan.

Korelasi Pearson yang rendah pada semua jenjang pendidikan menunjukkan bahwa peningkatan nilai posttest tidak bergantung pada nilai awal siswa. Dengan kata lain, Model-G memberikan dampak positif yang merata, terlepas dari tingkat pemahaman awal siswa. Hal ini mengindikasikan bahwa pendekatan berbasis teknologi dan isu lingkungan ini inklusif dan dapat diterapkan pada siswa dengan berbagai tingkat kemampuan.

Hasil wawancara dengan guru juga menunjukkan bahwa Model-G memberikan dampak positif dalam meningkatkan keterlibatan siswa selama pembelajaran. Guru melaporkan bahwa siswa menjadi lebih aktif dalam diskusi kelas dan lebih antusias dalam menyelesaikan proyek-proyek lingkungan. Penggunaan teknologi seperti aplikasi berbasis data dan simulasi digital dinilai sangat membantu dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep yang abstrak.

Pada aspek efisiensi, Model-G terbukti mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran dengan memanfaatkan waktu secara optimal. Teknologi memungkinkan siswa untuk memvisualisasikan konsep yang sulit dipahami melalui simulasi digital, sehingga mempercepat proses pembelajaran. Guru juga melaporkan bahwa penggunaan teknologi ini membantu menghemat waktu dalam penyampaian materi yang kompleks.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Model-G efektif dalam meningkatkan sensitivitas dan kepedulian siswa terhadap isu-isu lingkungan di Kota Pekalongan. Peningkatan nilai pretest ke posttest, keterlibatan aktif siswa, dan efisiensi dalam pembelajaran menjadi indikator keberhasilan model ini. Penelitian ini memberikan bukti empiris bahwa

Model-G dapat menjadi solusi inovatif dalam pendidikan berbasis lingkungan, terutama dalam konteks pembelajaran yang relevan dengan isu-isu lokal. Rekomendasi untuk implementasi lebih lanjut mencakup peningkatan pelatihan guru dan pengadaan infrastruktur teknologi yang memadai di sekolah.

### **3. Keunggulan Model-G**

Keunggulan utama Model-G adalah kemampuannya mengintegrasikan isu-isu lingkungan lokal dengan materi pembelajaran sesuai kurikulum, yang menghasilkan pembelajaran yang relevan, kontekstual, dan bermakna bagi siswa. Dengan fokus pada permasalahan nyata seperti banjir rob, abrasi pantai, dan limbah batik, siswa diajak untuk memahami materi pelajaran sekaligus mengaplikasikan pengetahuan mereka dalam mencari solusi terhadap permasalahan lingkungan. Pendekatan ini menjadikan Model-G tidak hanya sebagai alat pembelajaran akademik, tetapi juga sebagai wahana untuk membangun kesadaran dan keterlibatan siswa terhadap isu-isu lingkungan di sekitar mereka.

Model-G juga unggul dalam memanfaatkan teknologi sebagai alat bantu pembelajaran yang efektif. Teknologi digunakan untuk menyederhanakan konsep yang kompleks melalui visualisasi, simulasi, dan aplikasi berbasis data. Misalnya, siswa dapat memahami pola abrasi pantai menggunakan perangkat lunak pemetaan atau mengukur dampak pencemaran limbah batik melalui aplikasi sederhana. Teknologi ini tidak hanya membuat pembelajaran lebih menarik, tetapi juga memberikan siswa pengalaman praktis yang membantu mereka mengembangkan keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, analisis data, dan kolaborasi.

Keunggulan lainnya adalah fleksibilitas Model-G dalam penerapan di berbagai jenjang pendidikan. Model ini dirancang agar dapat disesuaikan dengan tingkat kognitif siswa. Di jenjang SD, pembelajaran lebih berfokus pada eksplorasi dan aktivitas kreatif seperti pembuatan poster atau maket mitigasi lingkungan. Di jenjang SMP, siswa dilatih untuk melakukan analisis sederhana dan proyek berbasis data, sedangkan di jenjang SMA, pembelajaran difokuskan pada analisis kompleks dan pengembangan solusi berbasis teknologi. Fleksibilitas ini memastikan bahwa Model-G relevan dan dapat diterapkan pada berbagai tingkat pendidikan.

Model-G juga memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran. Penelitian menunjukkan bahwa siswa yang terlibat dalam pembelajaran berbasis proyek atau masalah merasa lebih termotivasi dan antusias dalam belajar. Aktivitas pembelajaran yang menuntut siswa untuk bekerja sama dalam tim, menggunakan teknologi, dan mempresentasikan hasil proyek mereka juga melatih keterampilan sosial siswa. Keunggulan ini menjadikan Model-G sebagai pendekatan pembelajaran yang holistik, yang tidak hanya meningkatkan hasil belajar akademik, tetapi juga keterampilan interpersonal siswa.

Keunggulan lain yang penting adalah relevansi lokal Model-G, yang menjadikannya sangat cocok untuk diimplementasikan di Kota Pekalongan. Dengan fokus pada isu-isu lingkungan yang spesifik seperti dampak banjir rob di wilayah pesisir dan pencemaran limbah batik di sungai-sungai sekitar, siswa dapat belajar dari masalah nyata yang mereka hadapi sehari-hari. Pendekatan ini tidak hanya memberikan konteks yang bermakna bagi pembelajaran, tetapi juga membangun rasa tanggung jawab siswa terhadap pelestarian lingkungan lokal.

Efisiensi dalam pembelajaran juga menjadi keunggulan penting Model-G. Dengan memanfaatkan teknologi, guru dapat menyampaikan materi yang kompleks secara lebih cepat dan efektif. Simulasi digital, misalnya, memungkinkan siswa untuk memahami konsep yang sulit tanpa harus melalui proses pembelajaran yang panjang. Selain itu, teknologi juga membantu dalam pengumpulan dan analisis data selama proyek pembelajaran, yang mempercepat proses evaluasi dan refleksi pembelajaran.

Terakhir, Model-G mendukung pengembangan kurikulum yang lebih adaptif dan inovatif. Model ini memberikan kerangka kerja yang memungkinkan guru untuk mengintegrasikan isu-isu baru sesuai dengan perkembangan lingkungan lokal maupun global. Fleksibilitas ini menjadikan Model-G tidak hanya relevan untuk konteks saat ini, tetapi juga mampu beradaptasi dengan tantangan pendidikan di masa depan. Dengan keunggulan-keunggulan ini, Model-G memiliki potensi besar untuk diterapkan secara luas sebagai model pembelajaran yang efektif, relevan, dan berkelanjutan.



#### **4. Kelemahan Model dan Tantangan Implementasi**

Salah satu kelemahan utama Model-G adalah ketergantungannya pada infrastruktur teknologi yang memadai. Beberapa sekolah di Kota Pekalongan, terutama di tingkat SD, masih menghadapi keterbatasan dalam hal fasilitas seperti akses internet, perangkat keras, dan perangkat lunak pendukung pembelajaran berbasis teknologi. Keterbatasan ini menjadi kendala utama dalam mengoptimalkan penggunaan teknologi sebagai bagian integral dari model pembelajaran. Dalam kondisi ini, guru harus mencari alternatif lain seperti media cetak atau metode manual, yang mengurangi efektivitas penggunaan teknologi dalam proses pembelajaran.

Kelemahan lain terletak pada kesiapan guru dalam mengimplementasikan Model-G. Tidak semua guru memiliki kemampuan atau pengalaman yang memadai dalam memanfaatkan teknologi sebagai alat pembelajaran. Meskipun pelatihan telah diberikan, beberapa guru melaporkan bahwa mereka masih menghadapi tantangan teknis dalam mengoperasikan perangkat atau aplikasi yang digunakan dalam Model-G. Hal ini terutama terjadi pada guru di jenjang SD yang cenderung memiliki keterbatasan pengalaman dalam pembelajaran berbasis teknologi.

Tantangan implementasi berikutnya adalah durasi waktu yang diperlukan untuk menjalankan pembelajaran berbasis proyek atau masalah. Model-G membutuhkan waktu yang lebih panjang dibandingkan metode pembelajaran konvensional, terutama untuk kegiatan seperti analisis data, diskusi kelompok, dan presentasi hasil proyek. Dalam situasi ini, jadwal pembelajaran yang ketat menjadi kendala bagi guru untuk menjalankan semua tahap pembelajaran sesuai dengan sintaks Model-G, terutama jika waktu yang tersedia harus dibagi untuk memenuhi target kurikulum lainnya.

Selain itu, keterlibatan siswa dalam pembelajaran berbasis proyek tidak selalu merata. Beberapa siswa yang memiliki keterampilan teknologi lebih baik cenderung mendominasi kegiatan, sementara siswa yang kurang familiar dengan teknologi merasa kesulitan untuk berkontribusi secara aktif. Hal ini dapat mengakibatkan ketimpangan dalam keterlibatan siswa selama proses pembelajaran. Tantangan ini menunjukkan pentingnya bimbingan lebih intensif dari guru untuk memastikan bahwa semua siswa dapat terlibat secara optimal.

Relevansi materi dengan konteks lokal juga menjadi tantangan tersendiri. Meskipun Model-G berfokus pada isu-isu lingkungan lokal seperti banjir rob dan pencemaran limbah batik, ada beberapa materi dalam kurikulum yang sulit untuk dihubungkan langsung dengan isu-isu tersebut. Hal ini menuntut kreativitas guru dalam mencari cara untuk mengintegrasikan materi yang kurang relevan ke dalam pembelajaran berbasis lingkungan. Tantangan ini memerlukan waktu tambahan bagi guru untuk merancang pembelajaran yang sesuai.

Pendanaan juga menjadi faktor penting dalam keberhasilan implementasi Model-G. Penyediaan infrastruktur teknologi, pelatihan guru, dan pengadaan bahan pembelajaran membutuhkan dukungan finansial yang memadai. Sekolah-sekolah dengan keterbatasan anggaran menghadapi tantangan besar dalam menyediakan fasilitas yang mendukung penerapan Model-G. Oleh karena itu, diperlukan kerjasama antara pemerintah, sekolah, dan pihak ketiga seperti perusahaan atau LSM untuk mendukung pendanaan model ini.

Evaluasi keberhasilan Model-G juga menjadi tantangan. Meskipun hasil pretest dan posttest menunjukkan peningkatan signifikan, pengukuran jangka panjang terhadap dampak Model-G pada sikap dan perilaku siswa masih memerlukan penelitian lebih lanjut. Misalnya, apakah pembelajaran berbasis Model-G dapat menciptakan perubahan berkelanjutan dalam kesadaran lingkungan siswa atau hanya bersifat sementara. Tantangan ini memerlukan evaluasi berkelanjutan dengan metode yang lebih komprehensif.

Keberlanjutan implementasi Model-G menjadi tantangan yang tidak kalah penting. Meskipun hasil penelitian menunjukkan efektivitas model ini, pelaksanaannya masih memerlukan dukungan berkelanjutan dalam bentuk pelatihan lanjutan bagi guru, peningkatan infrastruktur, dan adaptasi model sesuai perkembangan zaman. Tanpa dukungan ini, ada risiko bahwa implementasi Model-G hanya akan efektif dalam jangka pendek dan sulit untuk direplikasi di sekolah lain. Oleh karena itu, keberlanjutan model ini harus menjadi perhatian utama dalam perencanaan implementasi ke depan.

Pentingnya regulasi dalam penerapan Model-G di semua jenjang pendidikan tidak dapat diabaikan, terutama untuk memastikan konsistensi dan keberlanjutan implementasi model ini. Regulasi yang dikeluarkan oleh pemerintah, baik di tingkat daerah maupun nasional, dapat menjadi landasan

hukum yang kuat bagi sekolah untuk mengintegrasikan Model-G ke dalam kurikulum. Dengan adanya regulasi, penerapan Model-G dapat diakui sebagai bagian dari strategi pendidikan yang resmi, sehingga mendorong semua sekolah untuk mengadopsinya tanpa keraguan. Regulasi juga dapat mencakup alokasi anggaran khusus untuk pengadaan infrastruktur teknologi, pelatihan guru, dan pengembangan materi pembelajaran berbasis isu lingkungan. Selain itu, regulasi dapat mengatur kolaborasi antara sekolah, pemerintah, dan pihak ketiga seperti LSM atau dunia usaha, untuk mendukung keberhasilan Model-G. Dengan adanya kebijakan yang terarah, Model-G dapat menjadi pendekatan pembelajaran yang terintegrasi dan berkelanjutan di seluruh jenjang pendidikan di Kota Pekalongan dan Indonesia pada umumnya.

## **5. Relevansi Model dengan Konteks Lokal**

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Model-G memiliki relevansi tinggi dengan konteks lokal Kota Pekalongan karena dirancang untuk menjawab permasalahan lingkungan spesifik yang dihadapi oleh masyarakat setempat. Kota Pekalongan menghadapi berbagai isu lingkungan yang kompleks, seperti banjir rob, abrasi pantai, dan pencemaran limbah batik. Model ini mengintegrasikan isu-isu tersebut ke dalam pembelajaran, sehingga siswa tidak hanya mempelajari materi kurikulum, tetapi juga memahami dampak dan solusi dari permasalahan lingkungan di sekitar mereka. Dengan pendekatan berbasis teknologi dan proyek, Model-G menjadikan siswa sebagai agen perubahan yang mampu memberikan kontribusi nyata terhadap pelestarian lingkungan lokal.

Integrasi isu banjir rob menjadi salah satu aspek utama dalam Model-G yang relevan dengan kondisi geografis Kota Pekalongan. Siswa belajar tentang penyebab, dampak, dan mitigasi banjir rob melalui berbagai mata pelajaran seperti IPA, Matematika, dan IPS. Misalnya, siswa diminta untuk menganalisis data ketinggian banjir di wilayah pesisir menggunakan grafik atau memodelkan dampak banjir terhadap ekonomi lokal melalui studi kasus. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan pemahaman siswa terhadap isu banjir rob, tetapi juga membantu mereka mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan analitis.

Selain itu, isu abrasi pantai di kawasan pesisir Pekalongan menjadi fokus pembelajaran dalam Model-G, khususnya di jenjang SMA. Siswa dilibatkan dalam kegiatan pengumpulan data lapangan dan analisis pola abrasi menggunakan perangkat lunak pemetaan. Dalam mata pelajaran Sosiologi, siswa mempelajari dampak abrasi terhadap kehidupan sosial dan ekonomi masyarakat pesisir. Melalui pendekatan ini, siswa tidak hanya mendapatkan pemahaman ilmiah tentang abrasi pantai tetapi juga mampu merancang solusi berbasis komunitas yang relevan dengan kebutuhan masyarakat setempat. Hal ini menjadikan Model-G sebagai alat pembelajaran yang kontekstual dan bermakna.

Isu pencemaran limbah batik, yang menjadi salah satu permasalahan khas Kota Pekalongan, juga diintegrasikan dalam Model-G. Limbah batik yang mencemari sungai-sungai di Pekalongan digunakan sebagai topik utama dalam pembelajaran berbasis proyek, khususnya di jenjang SMP. Siswa diajak untuk mengamati dampak limbah terhadap kualitas air dan lingkungan sekitar, menggunakan aplikasi sederhana untuk menganalisis data, serta menyusun solusi seperti sistem pengelolaan limbah yang sederhana. Proyek ini memberikan siswa pengalaman langsung tentang pentingnya konservasi lingkungan dan membangun kesadaran akan tanggung jawab mereka terhadap lingkungan.

Relevansi Model-G juga terlihat dalam pendekatan kolaboratifnya, yang melibatkan sekolah, pemerintah, dan komunitas lokal. Kolaborasi ini memungkinkan siswa untuk belajar langsung dari masalah nyata yang dihadapi masyarakat. Misalnya, siswa bekerja sama dengan pemerintah daerah untuk mengumpulkan data tentang banjir rob atau mengikuti program penghijauan bersama komunitas lokal. Kolaborasi ini memperkuat keterhubungan antara pembelajaran di sekolah dengan aksi nyata di masyarakat, menjadikan Model-G sebagai pendekatan pembelajaran yang mampu menjawab tantangan lokal secara langsung.

Pengintegrasian isu lingkungan lokal, Model-G tidak hanya relevan untuk kebutuhan pendidikan di Kota Pekalongan, tetapi juga memberikan dampak yang lebih luas pada pembangunan berkelanjutan di daerah ini. Siswa yang terlibat dalam pembelajaran berbasis Model-G tidak hanya menjadi lebih peka terhadap permasalahan lingkungan, tetapi juga termotivasi untuk menjadi bagian dari solusi. Hal ini menjadikan Model-G sebagai pendekatan

pendidikan yang mampu memberikan kontribusi nyata dalam membentuk generasi yang peduli lingkungan dan berdaya dalam menghadapi tantangan lokal di masa depan.

## 6. Indikator Target Keberhasilan

Indikator target keberhasilan implementasi Model-G dirancang untuk memastikan keberhasilan pada setiap tahapan pelaksanaannya, mulai dari perencanaan, pelaksanaan, hingga evaluasi. Indikator-indikator ini mencakup berbagai aspek penting, seperti kesiapan program, keterlibatan siswa dan guru, penguasaan teknologi, hingga hasil pembelajaran berbasis isu lingkungan. Dengan pengelompokan yang terstruktur, indikator ini membantu mengukur dampak Model-G secara komprehensif, baik dari segi peningkatan pemahaman dan sensitivitas siswa terhadap isu lingkungan, efektivitas guru dalam memanfaatkan teknologi, maupun dukungan infrastruktur sekolah. Penilaian dilakukan melalui metode yang terintegrasi, seperti analisis dokumen, observasi, angket, dan tes, guna memastikan keberlanjutan dan relevansi model ini terhadap konteks lokal Kota Pekalongan.

**Tabel 4.21 Indikator dan Target Keberhasilan Model-G**

| Tahapan     | Aspek Keberhasilan       | Indikator  | Cara Pengukuran                                       | Target Keberhasilan                                     |
|-------------|--------------------------|--|---|---|
| Perencanaan | Penyusunan Program       | Tersusunnya Rencana Pelaksanaan pembelajaran (RPP) atau Modul Ajar berbasis Model-G.         | Analisis dokumen RPP/ modul ajar dan program sekolah. | 100% sekolah menyusun RPP/ modul ajar berbasis Model-G. |
|             | Pelatihan Guru           | Guru mengikuti pelatihan tentang integrasi isu lingkungan dan teknologi dalam pembelajaran.  | Kehadiran dan hasil evaluasi pelatihan.               | 90% guru hadir dan lulus pelatihan.                     |
|             | Penyediaan Infrastruktur | Ketersediaan perangkat teknologi seperti komputer, proyektor, dan akses internet di sekolah. | Survei fasilitas sekolah.                             | 100% sekolah memiliki infrastruktur dasar.              |
| Pelaksanaan | Pemahaman Siswa          | Peningkatan nilai posttest dibandingkan pretest dalam topik isu lingkungan.                  | Pretest dan posttest.                                 | Minimal peningkatan 20% nilai rata-rata siswa.          |
|             |                          | Siswa mampu menjelaskan konsep-konsep  | Observasi dan wawancara siswa.                        | 80% siswa mampu menjelaskan dengan benar.               |

| Tahapan                        | Aspek Keberhasilan                              | Indikator  | Cara Pengukuran  | Target Keberhasilan                 |   |
|--------------------------------|---|--|--|-------------------------------------|---|
| <b>Evaluasi</b>                | Keterlibatan Siswa                              | lingkungan yang diajarkan (banjir rob, abrasi, limbah).                                    |  |                                     |   |
|                                |   | Tingkat keaktifan siswa dalam diskusi kelas, proyek kelompok, dan presentasi hasil proyek. | Observasi kegiatan pembelajaran.                         | 80% siswa aktif dalam pembelajaran. |   |
|                                | Penguasaan Teknologi oleh Guru                  | Siswa mampu menghasilkan karya proyek yang relevan dengan isu lingkungan lokal.            | Penilaian proyek siswa.                                  |                                     | Minimal 75% proyek siswa memenuhi standar kualitas.         |
|                                |   | Guru mampu memanfaatkan aplikasi dan simulasi digital dalam pembelajaran.                  | Observasi kelas.   |                                     | Minimal 85% guru mempraktikkan teknologi.                   |
|                                | Kesadaran Lingkungan Siswa                      | Peningkatan kesadaran siswa terhadap pentingnya pelestarian lingkungan.                    | Angket sensitivitas dan sikap siswa terhadap lingkungan. |                                     | Minimal 85% siswa menunjukkan sikap positif.                |
|                                |   | Partisipasi siswa dalam kegiatan lingkungan seperti penghijauan atau pengelolaan limbah.   | Observasi kegiatan di luar kelas.                        |                                     | Minimal 70% siswa berpartisipasi aktif.                     |
|                                | Sensitivitas Siswa                              | Siswa mampu mengenali dan mengidentifikasi isu lingkungan di sekitar mereka.               | Observasi kegiatan pembelajaran dan wawancara siswa.     |                                     | 85% siswa mampu mengidentifikasi isu lingkungan lokal.      |
|                                |   | Peningkatan skor angket sensitivitas siswa terhadap isu lingkungan.                        | Angket sensitivitas siswa.                               |                                     | Minimal 80% siswa menunjukkan peningkatan sensitivitas.     |
|                                | Efektivitas Implementasi Model                  | Kepuasan guru dan siswa terhadap pembelajaran berbasis Model-G.                            | Angket kepuasan dan wawancara.                           |                                     | Minimal 80% responden merasa puas.                          |
|                                |   | Kemampuan sekolah dalam mengintegrasikan Model-G ke dalam program pembelajaran.            | Analisis dokumen RPP/ modul ajar dan program sekolah.    |                                     | Minimal 90% sekolah mengadopsi model dalam RPP/ modul ajar. |
| Siswa menunjukkan keterampilan | Observasi praktik teknologi dalam pembelajaran. | Minimal 80% siswa menunjukkan  |  |                                     |   |

| Tahapan                               | Aspek Keberhasilan   | Indikator  | Cara Pengukuran  | Target Keberhasilan |
|---------------------------------------|--|--|--|---------------------|
| <b>Efektivitas Implementasi Model</b> | menggunakan teknologi, seperti aplikasi analisis data.                                       |  | keterampilan teknologi.                                    |                     |
|                                       | Kepuasan guru dan siswa terhadap pembelajaran berbasis Model-G.                              | Angket kepuasan dan wawancara.                       | Minimal 80% responden merasa puas.                         |                     |
| <b>Dukungan Infrastruktur</b>         | Kemampuan sekolah dalam mengintegrasikan Model-G ke dalam program pembelajaran.              | Analisis dokumen RPP/modul ajar dan program sekolah. | Minimal 90% sekolah mengadopsi model dalam RPP/modul ajar. |                     |
|                                       | Ketersediaan perangkat teknologi seperti komputer, proyektor, dan akses internet di sekolah. | Survei fasilitas sekolah.                            | 100% sekolah memiliki infrastruktur dasar.                 |                     |

### C. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam interpretasi hasil dan penerapan model-G di sekolah-sekolah Kota Pekalongan. Keterbatasan pertama terletak pada keterbatasan akses teknologi yang tersedia di banyak sekolah, terutama di daerah dengan infrastruktur teknologi yang terbatas. Meski penelitian ini mengintegrasikan teknologi sebagai elemen kunci, akses yang terbatas pada perangkat seperti komputer dan internet dapat menghambat partisipasi siswa secara optimal dalam kegiatan pembelajaran berbasis teknologi. Keterbatasan ini berpengaruh pada keefektifan model, karena siswa yang tidak memiliki akses memadai mungkin tidak mendapatkan pengalaman pembelajaran yang sama dengan siswa yang memiliki akses teknologi yang lebih baik.

Selain keterbatasan teknologi, jangka waktu penelitian yang relatif singkat juga menjadi kendala dalam menilai dampak jangka panjang dari model-G terhadap sensitivitas dan kepedulian siswa terhadap isu lingkungan. Penelitian ini mengukur hasil pembelajaran dalam kurun waktu tertentu

setelah penerapan model, sehingga efek jangka panjang, seperti perubahan sikap dan perilaku siswa dalam menjaga lingkungan, tidak dapat sepenuhnya terlihat. Pembelajaran berbasis isu lingkungan membutuhkan waktu untuk menimbulkan perubahan sikap yang signifikan, sehingga idealnya penelitian semacam ini perlu dilaksanakan dalam jangka panjang untuk mengukur perubahan perilaku yang berkelanjutan.

Keterbatasan lain muncul dalam hal generalizabilitas hasil penelitian, karena penelitian ini dilakukan di sekolah-sekolah di Kota Pekalongan dengan fokus pada isu-isu lingkungan spesifik di daerah tersebut. Kondisi lingkungan yang berbeda di kota atau daerah lain, misalnya permasalahan banjir atau polusi udara, mungkin memerlukan penyesuaian dalam materi dan pendekatan pembelajaran. Oleh karena itu, hasil penelitian ini mungkin kurang relevan jika diterapkan di wilayah dengan permasalahan lingkungan yang berbeda. Pengembangan model serupa yang kontekstual sesuai dengan kondisi lokal akan lebih efektif untuk diterapkan di berbagai daerah, namun keterbatasan ini menunjukkan perlunya adaptasi model-G agar sesuai dengan permasalahan lingkungan di tempat lain.

Terakhir, keterbatasan pada instrumen evaluasi juga menjadi perhatian, karena penelitian ini menggunakan angket dan observasi sebagai instrumen utama dalam mengukur sensitivitas dan kepedulian siswa. Meskipun instrumen ini sudah divalidasi, metode penilaian yang bersifat kuantitatif seperti angket mungkin tidak sepenuhnya menggambarkan kedalaman pemahaman atau sikap pro-lingkungan siswa secara akurat. Evaluasi pembelajaran lingkungan idealnya juga mencakup metode kualitatif seperti wawancara mendalam atau studi kasus untuk memahami secara lebih dalam aspek afektif siswa. Dengan keterbatasan ini, penelitian selanjutnya disarankan untuk menggabungkan metode kuantitatif dan kualitatif dalam mengevaluasi efektivitas model pembelajaran berbasis lingkungan secara lebih menyeluruh.

#### **D. Implikasi Teoretis dan Praktis**

Implikasi teoretis dari penelitian ini terletak pada kontribusinya terhadap pengembangan model pembelajaran berbasis teknologi dan lingkungan yang adaptif dan kontekstual. Model-G menawarkan pendekatan baru yang menggabungkan pembelajaran kontekstual dengan teknologi untuk



meningkatkan sensitivitas dan kepedulian siswa terhadap isu lingkungan. Implikasi teoretis ini mendukung pandangan bahwa pembelajaran kontekstual yang berbasis masalah nyata dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam bagi siswa. Pendekatan ini memberikan kontribusi pada teori-teori pendidikan berbasis pengalaman yang menekankan pentingnya keterlibatan langsung siswa dalam konteks dunia nyata untuk membangun pengetahuan dan sikap positif. Dengan demikian, penelitian ini menguatkan pandangan bahwa teknologi dan kontekstualitas merupakan komponen penting dalam pendidikan lingkungan.

Selain itu, penelitian ini memberikan dasar untuk memperluas penggunaan pembelajaran berbasis proyek dalam konteks pendidikan lingkungan. Pada kerangka kerja Model-G, siswa tidak hanya belajar melalui teori, tetapi juga melakukan proyek-proyek lingkungan yang memungkinkan mereka untuk memahami dampak langsung dari isu-isu lokal. Pendekatan berbasis proyek ini memperkaya teori pendidikan proyek sebagai metode efektif untuk memicu minat dan partisipasi siswa. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek tidak hanya relevan dalam pendidikan formal, tetapi juga efektif dalam menumbuhkan kesadaran sosial dan lingkungan pada siswa.

Implikasi teoretis lainnya adalah pada pemahaman mengenai peran teknologi sebagai sarana penghubung antara teori dan praktik dalam pendidikan lingkungan. Teknologi memungkinkan siswa untuk memvisualisasikan dampak lingkungan dan mempelajari solusi melalui aplikasi interaktif yang mereka gunakan di kelas. Mengacu kepada penggabungan teknologi dalam model pembelajaran, penelitian ini mengusulkan pendekatan baru dalam penggunaan teknologi untuk pembelajaran lingkungan. Hal ini memperkaya teori pendidikan berbasis teknologi dengan menunjukkan bahwa teknologi bukan hanya alat bantu, tetapi juga sarana utama yang mampu meningkatkan pemahaman siswa tentang isu-isu kompleks seperti lingkungan.

Pada aspek praktis, penelitian ini memberikan pedoman yang jelas bagi pengajar dalam mengimplementasikan pembelajaran lingkungan berbasis teknologi di sekolah. Model-G dapat dijadikan acuan dalam merancang kurikulum yang relevan dengan isu lingkungan di wilayah tertentu, seperti Kota Pekalongan. Eksistensi model ini, akan menjadikan pengajar memiliki

kerangka kerja yang jelas dalam menerapkan pembelajaran berbasis proyek yang terkait langsung dengan konteks lokal siswa. Ini akan sangat membantu dalam memotivasi siswa, karena mereka melihat relevansi antara pembelajaran di kelas dan kehidupan nyata di lingkungan mereka. Implementasi praktis model ini dapat membantu sekolah dalam mencapai tujuan pembelajaran lingkungan yang lebih konkret dan berdampak.

Penelitian ini juga memberikan implikasi praktis dalam hal perlunya pelatihan bagi guru untuk menguasai penggunaan teknologi dalam proses pembelajaran. Model-G menekankan pentingnya penguasaan teknologi oleh guru agar mereka dapat mengintegrasikan aplikasi digital, simulasi, dan media interaktif dalam pembelajaran. Implikasi ini menyoroti pentingnya program pelatihan yang khusus bagi guru dalam memanfaatkan teknologi untuk pendidikan lingkungan. Hal ini penting untuk memastikan bahwa guru tidak hanya mengandalkan metode tradisional, tetapi juga mampu memanfaatkan teknologi secara efektif dalam membimbing siswa memahami isu-isu lingkungan.

Dari sisi pengembangan infrastruktur, penelitian ini memberikan implikasi praktis mengenai kebutuhan akan infrastruktur yang mendukung pembelajaran berbasis teknologi di sekolah-sekolah. Untuk menerapkan Model-G secara efektif, sekolah harus memiliki akses ke perangkat teknologi yang memadai, seperti komputer, tablet, atau akses internet yang stabil. Implikasi ini menuntut adanya perhatian dari pihak sekolah dan pemerintah untuk menyediakan fasilitas yang sesuai agar model ini dapat diterapkan dengan baik. Tanpa dukungan infrastruktur yang memadai, model ini tidak akan berjalan optimal, dan siswa tidak akan mendapatkan pengalaman belajar yang efektif.

Implikasi praktis lainnya adalah perlunya keterlibatan masyarakat dan stakeholders lain, seperti pemerintah daerah dan LSM, dalam mendukung pembelajaran lingkungan di sekolah. Penelitian ini menekankan bahwa pembelajaran lingkungan tidak dapat dilakukan secara isolatif di sekolah saja, tetapi membutuhkan dukungan dan keterlibatan dari masyarakat. Dengan adanya kolaborasi ini, siswa dapat terlibat langsung dalam proyek-proyek lingkungan yang relevan, sehingga memberikan pengalaman nyata tentang bagaimana menjaga lingkungan. Implikasi ini menunjukkan bahwa kolaborasi

antara sekolah dan masyarakat dapat memberikan dampak yang lebih besar dalam menanamkan kesadaran lingkungan pada siswa.

Akhirnya, penelitian ini memberikan landasan teoretis dan praktis yang kuat untuk mengembangkan pendidikan lingkungan berbasis teknologi di sekolah. Implikasi teoretisnya membantu memperkaya literatur tentang pembelajaran kontekstual, berbasis proyek, dan teknologi dalam konteks pendidikan lingkungan. Sementara itu, implikasi praktisnya memberikan panduan bagi sekolah, guru, dan masyarakat untuk mendukung pembelajaran lingkungan yang lebih relevan, efektif, dan berdampak langsung bagi siswa. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan kebijakan pendidikan lingkungan di berbagai daerah yang ingin menerapkan pendekatan berbasis teknologi dan kontekstual dalam meningkatkan kepedulian generasi muda terhadap isu-isu lingkungan.

## **BAB V**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. SIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan sebagaimana diuraikan sebelumnya, serta merujuk kepada permasalahan yang dicarikan solusinya melalui penelitian ini, dapat ditarik beberapa simpulan sebagai berikut.

1. Model pembelajaran adaptasi lingkungan yang paling efektif untuk meningkatkan sensitivitas dan kepedulian pelajar di Kota Pekalongan adalah Model-G (Integrated Learning Environment Adaptation). Model ini dirancang berbasis pada pembelajaran kontekstual dan berbasis proyek, yang memungkinkan siswa belajar melalui pengalaman langsung terkait isu lingkungan lokal, seperti banjir rob dan pencemaran limbah batik. ILEA menggabungkan pendekatan teknologi dalam bentuk simulasi, aplikasi interaktif, dan media pembelajaran digital yang relevan untuk mendukung pemahaman siswa. Penerapan ILEA terbukti efektif dalam meningkatkan keterlibatan siswa, kemampuan berpikir kritis, dan sensitivitas terhadap masalah lingkungan, sebagaimana didukung oleh hasil uji statistik yang menunjukkan peningkatan signifikan pada tingkat kepedulian siswa setelah penerapan model ini.
2. Materi pembelajaran adaptasi lingkungan berbasis teknologi yang menarik dan efektif harus memiliki karakteristik utama: kontekstual dan relevan dengan isu lokal, seperti banjir rob, abrasi pantai, dan limbah industri batik di Kota Pekalongan, sehingga pembelajaran lebih bermakna bagi siswa. Materi ini juga berbasis teknologi interaktif, menggunakan simulasi, video, dan aplikasi pembelajaran digital yang mendorong siswa untuk mengeksplorasi dampak lingkungan secara langsung. Selain itu, materi dirancang untuk pembelajaran berbasis proyek dan kolaboratif, memungkinkan siswa bekerja sama dalam mengidentifikasi, menganalisis, dan mencari solusi terhadap masalah lingkungan. Di samping itu, materi ini mengembangkan keterampilan abad 21, seperti berpikir kritis, kolaborasi, dan literasi digital, yang penting bagi siswa untuk menghadapi tantangan lingkungan masa kini.

3. Implementasi model dan materi pembelajaran adaptasi lingkungan berbasis teknologi di sekolah-sekolah Kota Pekalongan dimulai dengan pelatihan guru secara komprehensif, mencakup penggunaan teknologi, aplikasi simulasi, pengintegrasian materi lingkungan lokal, dan metode evaluasi. Setelah pelatihan, guru menyusun rencana pembelajaran terstruktur berdasarkan Model-G yang mencakup aktivitas kolaboratif, tugas berbasis proyek, serta jadwal evaluasi dan refleksi. Sekolah juga perlu memastikan infrastruktur teknologi, seperti komputer, perangkat simulasi, dan akses internet, tersedia untuk mendukung pembelajaran; jika terbatas, alternatif berbasis cetak atau metode proyek tetap disiapkan. Kolaborasi dengan pemerintah dan komunitas lokal menjadi langkah penting untuk menyediakan siswa akses pada proyek nyata dan pengalaman langsung dengan masalah lingkungan di sekitarnya. Terakhir, model diterapkan di kelas dengan bimbingan guru yang mengamati keterlibatan siswa dalam aktivitas berbasis proyek dan diskusi kolaboratif yang mendalam, sehingga pembelajaran berjalan aktif dan kontekstual.
4. Evaluasi efektivitas model dan materi pembelajaran dilakukan melalui pre-test dan post-test untuk mengukur sensitivitas siswa menggunakan angket yang dianalisis secara statistik, observasi partisipatif yang mencatat keterlibatan siswa, serta kuesioner kepuasan yang mengeksplorasi tanggapan siswa terhadap materi. Selain itu, evaluasi lanjutan dilakukan dengan proyek akhir atau studi kasus terkait masalah lingkungan lokal untuk melihat penerapan pengetahuan siswa secara nyata. Wawancara dengan guru dan pakar pendidikan juga digunakan untuk memperoleh umpan balik lebih mendalam mengenai efektivitas model dan saran perbaikan, sehingga diperoleh data komprehensif terkait hasil pembelajaran dan area pengembangan.

## **B. SARAN**

Beberapa saran utama berdasarkan hasil penelitian ini, yaitu:

1. Pelatihan Guru yang Berkelanjutan

Implementasi Model-G membutuhkan guru yang memiliki pemahaman yang baik tentang penggunaan teknologi dalam pembelajaran dan integrasi isu-isu lingkungan ke dalam materi

pelajaran. Oleh karena itu, pelatihan berkelanjutan perlu dilakukan untuk meningkatkan kompetensi guru dalam memanfaatkan perangkat teknologi seperti simulasi digital, aplikasi berbasis data, dan multimedia interaktif. Pelatihan ini juga perlu mencakup strategi pembelajaran berbasis proyek dan berbasis masalah untuk memastikan keberhasilan implementasi model.

2. Peningkatan Infrastruktur Teknologi di Sekolah

Ketersediaan infrastruktur teknologi yang memadai menjadi faktor penting dalam mendukung keberhasilan Model-G. Pemerintah daerah dan pihak terkait perlu memberikan dukungan berupa penyediaan perangkat keras seperti komputer, proyektor, dan akses internet yang stabil di sekolah. Alternatif lain adalah menyediakan media pembelajaran sederhana bagi sekolah yang memiliki keterbatasan fasilitas teknologi, sehingga model ini tetap dapat diterapkan secara efektif.

3. Kolaborasi dengan Pemangku Kepentingan

Pelaksanaan Model-G membutuhkan kolaborasi antara sekolah, pemerintah, dunia usaha, dan komunitas lokal. Pemerintah daerah dapat mendukung melalui kebijakan pendidikan berbasis lingkungan, sementara dunia usaha dapat membantu dalam penyediaan dana atau sumber daya teknologi. Komunitas lokal juga dapat berkontribusi dengan memberikan informasi tentang isu lingkungan setempat atau melibatkan siswa dalam kegiatan komunitas seperti program penghijauan atau pengelolaan limbah.

4. Integrasi Model ke dalam Kebijakan Pendidikan Lokal

Untuk memastikan keberlanjutan Model-G, pemerintah daerah perlu mengintegrasikan model ini ke dalam kebijakan pendidikan lokal. Kebijakan ini dapat mencakup peraturan tentang pembelajaran berbasis lingkungan di semua jenjang pendidikan, alokasi anggaran khusus untuk program pendidikan berbasis teknologi, dan dukungan regulasi yang memungkinkan penerapan model ini secara sistemik.

5. Monitoring dan Evaluasi yang Berkelanjutan

Implementasi Model-G perlu didukung oleh mekanisme monitoring dan evaluasi yang berkelanjutan untuk menilai keberhasilan model dan efektivitasnya dalam meningkatkan pemahaman dan kesadaran siswa

terhadap isu-isu lingkungan. Evaluasi ini dapat dilakukan melalui penilaian hasil belajar siswa, observasi kelas, serta survei kepada guru dan siswa. Data evaluasi dapat digunakan untuk menyempurnakan model dan mengidentifikasi tantangan yang perlu diatasi.

6. Penyediaan Materi Pembelajaran yang Kontekstual

Materi pembelajaran yang dikembangkan dalam Model-G harus mencerminkan isu-isu lingkungan lokal, seperti banjir rob, abrasi pantai, dan pencemaran limbah batik, agar siswa dapat memahami relevansi pembelajaran dengan kehidupan mereka sehari-hari. Selain itu, materi pembelajaran harus dirancang secara fleksibel agar dapat diadaptasi untuk berbagai jenjang pendidikan sesuai dengan tingkat kognitif siswa.

7. Ekspansi dan Replikasi Model di Daerah Lain

Model-G memiliki potensi untuk diterapkan di daerah lain dengan tantangan lingkungan yang serupa. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengadaptasi model ini sesuai dengan konteks lokal di berbagai wilayah. Proses replikasi ini memerlukan dukungan dari pemerintah pusat dan daerah untuk memfasilitasi pengembangan model berbasis teknologi di seluruh Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdelhak, H., & Romaissa, C. (2022). *British Journal of Teacher Education and Pedagogy Incorporating Multiple Intelligences Theory in the Learning and Teaching Operation: Teacher's Guide*. <https://doi.org/10.32996/bjtep>
- Abdullah, N., Syed Hassan, S. S., Abdelmagid, M., & Mat Ali, S. N. (2020). Learning from the Perspectives of Albert Bandura and Abdullah Nashih Ulwan: Implications Towards the 21st Century Education. *Dinamika Ilmu*, 199–218. <https://doi.org/10.21093/di.v20i2.2423>
- Aguayo, B. B., Ruano, C. A., & Vallejo, A. P. (2021). Multiple intelligences: Educational and cognitive development with a guiding focus. *South African Journal of Education*, 41(2). <https://doi.org/10.15700/saje.v41n2a1828>
- Ahmad, S. (2020). Behaviorism vs Constructivism: A Paradigm Shift from Traditional to Alternative Assessment Techniques Sadia Jamil. In *Journal of Applied Linguistics and Language Research* (Vol. 7, Issue 2). [www.jallr.com](http://www.jallr.com)
- Ahmed, A. H., Ibrahim, O. A., & Suleiman, A. (2022). Effectiveness of Demonstration-Brainstorming on Student's Performance in Agricultural Science. *Journal of Environmental and Science Education*, 2(2), 92–97. <https://doi.org/10.15294/jese.v2i2.57991>
- Albers, H. J., Lee, K. D., Rushlow, J. R., & Zambrana-Torrselio, C. (2020). Disease Risk from Human–Environment Interactions: Environment and Development Economics for Joint Conservation-Health Policy. *Environmental and Resource Economics*, 76(4), 929–944. <https://doi.org/10.1007/s10640-020-00449-6>
- Alismaiel, O. A., Cifuentes-Faura, J., & Al-Rahmi, W. M. (2022). Online Learning, Mobile Learning, and Social Media Technologies: An Empirical



Study on Constructivism Theory during the COVID-19 Pandemic.  
*Sustainability* (Switzerland), 14(18).  
<https://doi.org/10.3390/su141811134>

Allen, M. W. (2007). *Designing Successful e-Learning Forget What You Know About Instructional Design and Do Something Interesting*. Pfeiffer.

Almogren, A. S., & Aljammaz, N. A. (2022). The integrated social cognitive theory with the TAM model: The impact of M-learning in King Saud University art education. *Frontiers in Psychology*, 13.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1050532>

Almuqrini, A., & Mutambik, I. (2021). The explanatory power of social cognitive theory in determining knowledge sharing among Saudi faculty. *PLoS ONE*, 16(3 March).  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248275>

Alwasi, F. T., Fadhilah, E. A., Nurohmah, W., & Rustini, T. (2023). Green Education di Sekolah Dasar Dalam Upaya Mengembangkan Sikap Peduli Lingkungan Menuju Green Economy. *Didaktik: Jurnal Ilmiah PGSD FKIP Universitas Mandiri*, 9(5), 3201–3215.

Amali, N. A. K., Ridzuan, M. U. M., Rahmat, N. H., Seng, H. Z., & Mustafa, N. C. (2023). Exploring Learning Environment Through Bronfenbrenner's Ecological Systems Theory. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 12(2).  
<https://doi.org/10.6007/ijarped/v12-i2/16516>

Angelita, D., Miarsyah, M., & Komala, R. (2023). Knowledge of ecological concepts, environmental concern, and ecological behavior: A multiple correlation analysis. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 9(3), 335–345. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v9i3.27130>

Argyris, C. (2007). Double-Loop Learning in A Classroom Setting. In M. Reynolds & R. Vince (Eds.), *The Handbook of Experiential Learning & Management Education* (pp. 21–34). Oxford University Press.

- Arik, S., & Yilmaz, M. (2020). The Effect of Constructivist Learning Approach and Active Learning on Environmental Education: A Meta-Analysis Study\*. *International Electronic Journal of Environmental Education*, *10*(2), 44–84.
- Ashman, A. F., & Conway, R. N. F. (1997). *An introduction to cognitive education: Theory and applications*. Routledge.
- Ashouri, F., & Azad, N. (2023). Interpretive Structural Modelling of Attitude Change Based on Cognitive Dissonance (Railway Transportation Industry). *Iranian Journal of Management Studies*, *16*(4), 811–826. <https://doi.org/10.22059/ijms.2022.339830.674994>
- Asif, T., Guangming, O., Haider, M. A., Colomer, J., Kayani, S., & ul Amin, N. (2020). Moral education for sustainable development: Comparison of university teachers' perceptions in China and Pakistan. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(7). <https://doi.org/10.3390/su12073014>
- Attwood, A. I. (2022). A Conceptual Analysis of the Semantic Use of Multiple Intelligences Theory and Implications for Teacher Education. *Frontiers in Psychology*, *13*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.920851>
- Awwad, R. I., Ibrahim, B., George, C., Hamdan, S., & Nair, K. (2023). Facts or belief: examining the effect of the cognitive dissonance on brand switching, purchase regret and satisfaction level. *Global Knowledge, Memory and Communication*. <https://doi.org/10.1108/GKMC-12-2022-0277>
- Bakken, L. L. (2018). *Evaluation Practice for Collaborative Growth*.
- Bandura, A. (1977). *Social learning theory*. Prentice Hall, Inc.
- Bhave, D. P., Kramer, A., & Glomb, T. M. (2010). Work-Family Conflict in Work Groups: Social Information Processing, Support, and Demographic Dissimilarity. *Journal of Applied Psychology*, *95*(1), 145–158. <https://doi.org/10.1037/a0017885>

- Bianchi, C., Nasi, G., & Rivenbark, W. C. (2021). Implementing collaborative governance: models, experiences, and challenges. *Public Management Review*, 23(11), 1581–1589. <https://doi.org/10.1080/14719037.2021.1878777>
- Bond, M., Buntins, K., Bedenlier, S., Zawacki-Richter, O., & Kerres, M. (2020). Mapping research in student engagement and educational technology in higher education: a systematic evidence map. In *International Journal of Educational Technology in Higher Education* (Vol. 17, Issue 1). Springer. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0176-8>
- Bonk, C. J., & Zhang, K. (2008). *EMPOWERING ONLINE LEARNING: 100+ Activities for Reading, Reflecting, Displaying, and Doing*. John Wiley & Sons, Inc.
- Bourceret, A., Amblard, L., & Mathias, J. D. (2021). Governance in social-ecological agent-based models: A review. *Ecology and Society*, 26(2). <https://doi.org/10.5751/ES-12440-260238>
- Branch, R. M. (2009). Instructional design: The ADDIE approach. In *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6>
- Carstens, K. J., Mallon, J. M., Bataineh, M., & Al-Bataineh, A. (2021). Effects of Technology on Student Learning. In *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology* (Vol. 20, Issue 1).
- Chang-Tik, C. (2022). Introduction: Collaborative Active Learning—Strategies, Assessment and Feedback. In C. Chang-Tik, G. Kidman, & M. Tee (Eds.), *Collaborative Active Learning: Practical Activity-Based Approaches to Learning, Assessment and Feedback* (pp. 3–32). Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-981-19-4383-6>
- Chatterjee, R., & Correia, A. P. (2020). Online Students' Attitudes Toward Collaborative Learning and Sense of Community. *American Journal of*

*Distance Education*, 34(1), 53–68.  
<https://doi.org/10.1080/08923647.2020.1703479>

Cichocki, A., & Kuleshov, A. P. (2021). Future Trends for Human-AI Collaboration: A Comprehensive Taxonomy of AI/AGI Using Multiple Intelligences and Learning Styles. In *Computational Intelligence and Neuroscience* (Vol. 2021). Hindawi Limited.  
<https://doi.org/10.1155/2021/8893795>

Crabtree, S. A., Kahn, J. G., Jackson, R., Wood, S. A., McKechnie, I., Verhagen, P., Earnshaw, J., Kirch, P. V., Dunne, J. A., & Dugmore, A. J. (2023). Why are sustainable practices often elusive? The role of information flow in the management of networked human-environment interactions. *Global Environmental Change*, 78.  
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2022.102597>

Crawford, M. (2020). Ecological Systems Theory: Exploring the Development of the Theoretical Framework as Conceived by Bronfenbrenner. *Journal of Public Health Issues and Practices*, 4(2).  
<https://doi.org/10.33790/jphip1100170>

Creswell, J. W. (2012). *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research* (4th ed.). Pearson Education, Inc.

Crook, C., & Sutherland, R. (2017). Technology and Theories of Learning. In E. Duval, M. Sharples, & R. Sutherland (Eds.), *Technology Enhanced Learning: Research Themes* (pp. 11–28). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-02600-8>

Cruz, S. M., & Manata, B. (2020). Measurement of Environmental Concern: A Review and Analysis. *Frontiers in Psychology*, 11.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00363>

Dahnial, I. (2020). Penerapan Model Pembelajaran Picture And Picture Terhadap Pendidikan Lingkungan Hidup (PLH) Untuk Meningkatkan

Komptensi Guru Di SD Negeri Se-Kecamatan Stabat. *Jurnal Berbasis Sosial) Pendidikan IPS STKIP Al Maksum*, 1(1), 81–90. <https://jurnal.stkipalmaksum.ac.id/index.php/jbs>

Dangnga, M. S., & Muis, A. Abd. (2015). *TEORI BELAJAR DAN PEMBELAJARAN INOVATIF* (Amaluddin, Ed.). SIBUKU Makassar.

Dasborough, M. T., Hannah, S. T., & Zhu, W. (2020). The generation and function of moral emotions in teams: An integrative review. In *Journal of Applied Psychology* (Vol. 105, Issue 5, pp. 433–452). American Psychological Association Inc. <https://doi.org/10.1037/apl0000443>

de Jong, T., van Joolingen, W., Scott, D., de Haag, R., Lapied, L., & Valent, R. (1994). SMISLE: System for Multimedia Integrated Simulation Learning Environments. In T. de Jong & L. Sarti (Eds.), *Design and Production of Multimedia and Simulation-based Learning Material* (pp. 133–167). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-0942-0>

Dexter, S. (2009). Design Principles for Interactive Learning Environments with Embedded Formative Assessments. In D. Gibson & Y. Baek (Eds.), *Digital Simulations for Improving Education: Learning Through Artificial Teaching Environments* (pp. 157–170). Information Science Reference.

Dinas Lingkungan Hidup Kota Pekalongan. (2023). *Ringkasan Eksekutif Dokumen Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah (DIKPLHD)*.

El Zaatari, W., & Maalouf, I. (2022). How the Bronfenbrenner Bio-ecological System Theory Explains the Development of Students' Sense of Belonging to School? *SAGE Open*, 12(4). <https://doi.org/10.1177/21582440221134089>

Fahrisa, N., & Parmin, P. (2022). Creative Problem Solving (CPS) Learning to Improve Ability an Strudent's Critical and Creative Thinking on Science Materials. *Journal of Environmental and Science Education*, 2(2), 98–105. <https://doi.org/10.15294/jese.v2i2.55641>

- Fajar, M., Mediani, A., & Finesa, Y. (2019). Analisis Peranan IPAL dalam Strategi Penanganan Limbah Industri Batik di Kota Pekalongan. *Pengembangan Wilayah Berkelanjutan Di Era Revolusi Industri 4.0*, 84–90.
- Fajriansyah, I., Hasanah, U., & Murtadho, A. (2021). Eksistensi Pendidikan Lingkungan Hidup Dalam Ranah Pendidikan Islam. *Jurnal Pendidikan Agama Islam*, 11(2), 15–30. <https://doi.org/10.33511/qiroah.v21n1.15-30>
- Fan, C. W., Chen, I. H., Ko, N. Y., Yen, C. F., Lin, C. Y., Griffiths, M. D., & Pakpour, A. H. (2021). Extended theory of planned behavior in explaining the intention to COVID-19 vaccination uptake among mainland Chinese university students: an online survey study. *Human Vaccines and Immunotherapeutics*, 17(10), 3413–3420. <https://doi.org/10.1080/21645515.2021.1933687>
- Farmasari, S. (2022). Peer-learning in Young Learners English Speaking Tasks: An Ecological Analysis. *International Journal of Language Education*, 6(3), 254–266. <https://doi.org/10.26858/ijole.v6i3.32000>
- Fattah, A., Saragih, H., Setyadi, R., & Kalimantan Indonesia, E. (n.d.). Determinants Effectiveness of Information Technology Governance and IT Performance in Higher Education Institution (HEI): A Conceptual Framework. *International Journal Of Science*. <http://ijstm.inarah.co.id>
- Ferdyan, R., Vauzia, Zulyusri, Santosa, T. A., & Razak, A. (2021). *Model Pendidikan Lingkungan Hidup: Kegiatan Pembelajaran pada Siswa Sebagai Bagian dari Lingkungan di Era New Normal*. 7(1), 2477–6181.
- Fishman, J., Yang, C., & Mandell, D. (2021). Attitude theory and measurement in implementation science: a secondary review of empirical studies and opportunities for advancement. *Implementation Science*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s13012-021-01153-9>

- Fitarahmawati, & Suhartini. (2021). Empowering Critical Thinking and Problem-Solving Skills During Pandemic Through Contextual Distance-Learning in Biology. *Proceedings of the 6th International Seminar on Science Education (ISSE 2020)*, 39–47.
- Fitria, T. N. (2023). Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) Technology in Education: Media of Teaching and Learning: A Review. In *International Journal of Computer and Information System (IJCIS) Peer Reviewed-International Journal* (Vol. 04). <https://ijcis.net/index.php/ijcis/indexJournalIJCIShomepage>-<https://ijcis.net/index.php/ijcis/index>
- Flick, U. (2018). *The SAGE Handbook of Qualitative Data Collection* (U. Flick, Ed.). SAGE Publication, Ltd.
- Flynn, K., & Mathias, B. (2023). "How Am I Supposed to Act?": Adapting Bronfenbrenner's Ecological Systems Theory to Understand the Developmental Impacts of Multiple Forms of Violence. *Journal of Adolescent Research*. <https://doi.org/10.1177/07435584231159674>
- Frantiska, J. (2018). *Visualization Tools for Learning Environment Development*. Association for Educational Communications and Technology (AECT). <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-67440-7>
- Frenzel, A. C., Daniels, L., & Burić, I. (2021). Teacher emotions in the classroom and their implications for students. *Educational Psychologist*, 56(4), 250–264. <https://doi.org/10.1080/00461520.2021.1985501>
- Fulantelli, G., Scifo, L., & Taibi, D. (2021). Training School Activities to Promote a Conscious Use of Social Media and Human Development According to the Ecological Systems Theory. *International Conference on Computer Supported Education, CSEdu - Proceedings, 1*, 517–524. <https://doi.org/10.5220/0010513005170524>

- Funa, A. A., & Talaue, F. T. (2021). Constructivist learning amid the Covid-19 pandemic: Investigating students' perceptions of biology self-learning modules. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 20(3), 250–264. <https://doi.org/10.26803/ijlter.20.3.15>
- González-pérez, L. I., & Ramírez-montoya, M. S. (2022). Components of Education 4.0 in 21st Century Skills Frameworks: Systematic Review. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 14, Issue 3). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su14031493>
- González-salamanca, J. C., Agudelo, O. L., & Salinas, J. (2020). Key competences, education for sustainable development and strategies for the development of 21st century skills. A systematic literature review. *Sustainability (Switzerland)*, 12(24), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su122410366>
- Gravel, J. W., & Tucker-Smith, N. (2024). Universal Design for Learning Guidelines: Past, Present, Promise. In T. E. Hall, K. H. Robinson, & D. Gordon (Eds.), *Universal Design for Learning in the Classroom: Practical Applications for K–12 and Beyond* (pp. 1–27). The Guilford Press.
- Guimarães, L., & Lima, R. (2021). Changes in teaching and learning practice in an undergraduate logistics and transportation course using problem-based learning. *Journal of University Teaching and Learning Practice*, 18(3). <https://doi.org/10.53761/1.18.3.12>
- Gunawan, M. A. (2015). *Statistik Penelitian Bidang Pendidikan, Psikologi dan Sosial: Dilengkapi Dengan Contoh Secara Manual dan SPSS*. Parama Publishing.
- Hamza, M. A. A. M. (2021). Analysis of the activities used in English textbooks regarding the multiple intelligences theory in Jordan. *Educational Research and Reviews*, 16(10), 400–406. <https://doi.org/10.5897/err2021.4178>



- Han, J., Kelley, T., & Knowles, J. G. (2021). Factors Influencing Student STEM Learning: Self-Efficacy and Outcome Expectancy, 21st Century Skills, and Career Awareness. *Journal for STEM Education Research*, 4(2), 117–137. <https://doi.org/10.1007/s41979-021-00053-3>
- Han, Y., Mao, L., Chen, X., Zhai, W., Peng, Z. R., & Mozumder, P. (2022). Agent-based Modeling to Evaluate Human–Environment Interactions in Community Flood Risk Mitigation. *Risk Analysis*, 42(9), 2041–2061. <https://doi.org/10.1111/risa.13854>
- Haryadi, H. (2022). Peningkatan Hasil Belajar IPA Materi Adaptasi Makhluk Hidup Terhadap Lingkungan Melalui Model Group Investigation Pada Siswa Kelas VI Semester 1 Tahun Pelajaran 2019/2020 di SD Negeri 1 Ngrayung Kecamatan Gandusari Kabupaten Trenggalek. *Jurnal Terapan Pendidikan Dasar Dan Menengah*, 2(3), 445–450. <https://doi.org/10.28926/jtpdm.v2i3.514>
- Hasna, A. L., & Darumurti, A. (2023). Collaborative Governance Dalam Mitigasi Bencana Banjir Rob di Kota Pekalongan. *Jurnal Ilmu Sosial Dan Ilmu Politik Universitas Jambi (JISIP-UNJA)*, 7(1), 25–37.
- Heuchemer, S., Martins, E., & Szczyrba, B. (2020). Problem-based learning at a “learning university”: A view from the field. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 14(2 Special Issue), 1–11. <https://doi.org/10.14434/ijpbl.v14i2.28791>
- Hof, B. (2021). The turtle and the mouse: how constructivist learning theory shaped artificial intelligence and educational technology in the 1960s. *History of Education*, 50(1), 93–111. <https://doi.org/10.1080/0046760X.2020.1826053>
- Hollar, S. (2012). *Protecting the Environment (The Environment: Ours To Save)* (First). Britannica Educational Publishing.

- Houghton, J. (2023). Learning modules: problem-based learning, blended learning and flipping the classroom. *Law Teacher*, 57(3), 271–294. <https://doi.org/10.1080/03069400.2023.2208017>
- Hu, D., Zhou, S., Crowley-Mchattan, Z. J., & Liu, Z. (2021). Factors that influence participation in physical activity in school-aged children and adolescents: A systematic review from the social ecological model perspective. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 18, Issue 6, pp. 1–20). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijerph18063147>
- Huang, M. H., & Rust, R. T. (2022). A Framework for Collaborative Artificial Intelligence in Marketing. *Journal of Retailing*, 98(2), 209–223. <https://doi.org/10.1016/j.jretai.2021.03.001>
- Huang, R. (n.d.). *Lecture Notes in Educational Technology The New Development of Technology Enhanced Learning*. <http://www.springer.com/series/11777>
- Husin, A. (2019). Pengetahuan Guru Terhadap Potensi Sekolah untuk Pendidikan Nilai Lingkungan Hidup. *Prosiding National Conference on Mathematics Education (NaCoMe)*, 234–242.
- Ibañez, E. D., & Pentang, J. T. (2021). Socio-Constructivist Learning and Teacher Education Students' Conceptual Understanding and Attitude toward Fractions. *IRJE /Indonesian Research Journal in Education/ /Vol, 5(1)*, 23–44. <https://online-journal.unja.ac.id/index.php/irje/index>
- Ibrahim, N., Khairol Anuar, N. A., Mokhtar, M. I., Zakaria, N., Jasman, N. H., & Rasdi, N. N. (2022). Exploring Fear of Public Speaking Through Social Cognitive Theory. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 12(1). <https://doi.org/10.6007/ijarbss/v12-i1/11320>
- Illene, S., Feranie, S., & Siahaan, P. (2023). Create multiple-choice tests based on experimental activities to assess students' 21st century skills

in heat and heat transfer topic. *Journal of Education and Learning*, 17(1), 44–57. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v17i1.20540>

Immonen, T., Brymer, E., Davids, K., & Jaakkola, T. (2022). An Ecological Dynamics Approach to Understanding Human-Environment Interactions in the Adventure Sport Context—Implications for Research and Practice. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(6). <https://doi.org/10.3390/ijerph19063691>

Ismail, M. J. (2021). Pendidikan Karakter Peduli Lingkungan dan Menjaga Kebersihan di Sekolah. *Guru Tua: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 4(1), 59–68.

Janssen, J., & Kirschner, P. A. (2020). Applying collaborative cognitive load theory to computer-supported collaborative learning: towards a research agenda. *Educational Technology Research and Development*, 68(2), 783–805. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09729-5>

Jaramillo, J. E., Rincon Leal, J. F., & Rincon Leal, O. L. (2020). Impact of learning styles on multiple intelligences in first semester math students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1645(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1645/1/012015>

Järvenoja, H., Järvelä, S., & Malmberg, J. (2020). Supporting groups' emotion and motivation regulation during collaborative learning. *Learning and Instruction*, 70. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.11.004>

Jiménez-Herrera, M. F., Llauradó-Serra, M., Acebedo-Urdiales, S., Bazo-Hernández, L., Font-Jiménez, I., & Axelsson, C. (2020). Emotions and feelings in critical and emergency caring situations: A qualitative study. *BMC Nursing*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s12912-020-00438-6>

Jung, L. A. (2023). *Seen, Heard, and Valued: Universal Design for Learning and Beyond*. Corwin Press, Inc.

- Karatas, K., & Arpaci, I. (2021). The role of self-directed learning, metacognition, and 21st century skills predicting the readiness for online learning. *Contemporary Educational Technology, 13*(3). <https://doi.org/10.30935/cedtech/10786>
- Kashyap, A. K., & Kumar, A. (2024). Application of theory of planned behaviour in determining attitude and to measure purchase intention under the fear of Covid-19. *Cogent Business and Management, 11*(1). <https://doi.org/10.1080/23311975.2024.2376108>
- Katz, J. (2012). *Teaching to Diversity: The Three-Block Model of Universal Design for Learning*. Portage & Main Press.
- Kayani, U. N., Haque, A., Kulsum, U., Mohona, N. T., & Hasan, F. (2023). Modeling the Antecedents of Green Consumption Values to Promote the Green Attitude. *Sustainability (Switzerland), 15*(17). <https://doi.org/10.3390/su151713111>
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. (2017). *Pendidikan Tangguh Bencana: "Mewujudkan Satuan Pendidikan Aman Bencana di Indonesia."* Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. (2020). *Panduan Mewujudkan Sekolah Aman Bencana*. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Kenderdine, S., Yip, A., Oliver, C., Pather, N., Sammut, C., Djokic, T., Marcus, N., & Ong, A. (2021). Designing Multi-disciplinary Interactive Virtual Environments for Next-Generation Immersive Learning Experiences: Case Studies and Future Directions in Astrobiology, Anatomy and Cultural Heritage. In A. Hui & C. Wagner (Eds.), *Creative and Collaborative Learning through Immersion: Interdisciplinary and International Perspectives* (pp. 49–70). Springer Nature Switzerland AG. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-72216-6>

- KESKİN, B., ÖZAY KÖSE, E., & GÜLOĞLU, F. (2022). The Relationship between Social Sciences High School and Science High School Students' Multiple Intelligence Levels and Learning Styles. *International Journal of Contemporary Educational Research*, 8(3), 92–102. <https://doi.org/10.33200/ijcer.877570>
- Khasna, S. (2021). Evaluasi Kebijakan Pengelolaan Limbah Batik di Kota Pekalongan. *Jurnal Ilmiah Ilmu Administrasi*, 4(1), 28–36. <http://ojs.stiami.ac.id>
- Kim, M. J., & Hall, C. M. (2020). Can sustainable restaurant practices enhance customer loyalty? The roles of value theory and environmental concerns. *Journal of Hospitality and Tourism Management*, 43, 127–138. <https://doi.org/10.1016/j.jhtm.2020.03.004>
- King, E., Sri Lestari, V., Koliba, C., Pao, H., H-n, P., T-s, Y., J-s, T., Jackson, E., Yang, T., Tsai, J., Hwang, Y., T Sung, W. H., & Pfeiier, D. U. (2023). The attitude-behaviour gap in biosecurity: Applying social theories to understand the relationships between commercial chicken farmers' attitudes and behaviours. *Frontiers*. <https://doi.org/DOI10.3389/fvets.2023.1070482>
- King, J., Hardwell, A., Brymer, E., & Bedford, A. (2020). Reconsidering McKenzie's Six Adventure Education Programming Elements Using an Ecological Dynamics Lens and Its Implications for Health and Wellbeing. *Sports*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/sports8020020>
- Kiswanto, Rahayu, L. N., & Wintah. (2019). Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan Teknologi Membran Nanofiltrasi di Kota Pekalongan. *Jurnal Litbang Kota Pekalongan*, 72–82.
- Kolb, D. A. (2015). *Experiential Learning: Experience as The Source of Learning and Development* (Second). Pearson Education, Inc.
- Kospa, H. S. D., Hanani, A. D., Mutaqin, Z., & Imron, I. (2020). Penyuluhan Pendidikan Lingkungan Hidup sebagai Upaya Peningkatan Ekoliterasi

Sekolah Berbasis Creative Learning. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Sains Indonesia*, 2(2). <https://doi.org/10.29303/jpmsi.v2i2.56>

Krettenauer, T. (2020). Moral identity as a goal of moral action: A Self-Determination Theory perspective. *Journal of Moral Education*, 49(3), 330–345. <https://doi.org/10.1080/03057240.2019.1698414>

Kristjánsson, K., Fowers, B., Darnell, C., & Pollard, D. (2021). Phronesis (Practical Wisdom) as a Type of Contextual Integrative Thinking. *Review of General Psychology*, 25(3), 239–257. <https://doi.org/10.1177/10892680211023063>

Lam, N. S. N., Cai, H., & Zou, L. (2022). Editorial for the Special Issue: “Human-Environment Interactions Research Using Remote Sensing.” In *Remote Sensing* (Vol. 14, Issue 11). MDPI. <https://doi.org/10.3390/rs14112720>

Langer, A. M. (2024). *Information Technology and Organizational Learning; Managing Behavioral Change in the Digital Age* (Fourth edition). CRC Press. <https://doi.org/DOI: 10.1201/9781003315896>

Larmer, J., Mergendoller, J., & Suzie, B. (2015). *Setting the Standard for Project Based Learning: A Proven Approach to Rigorous Classroom Instruction*. ASCD. [www.ascd.org/memberbooks](http://www.ascd.org/memberbooks)

Laurillard, D., Oliver, M., Wasson, B., & Hoppe, U. (2009). Implementing Technology-Enhanced Learning. In N. Balacheff, S. Ludvigsen, T. de Jong, A. Lazonder, & S. Barnes (Eds.), *Technology-Enhanced Learning: Principles and Products* (pp. 289–306). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9827-7>

Leavy, & Patricia. (2017). *Research Design: Quantitative, Qualitative, Mixed Methods, Arts-Based, and Community-Based Participatory Research Approaches*. The Guilford Press.

- Lee, N., & Jo, M. (2023). Exploring problem-based learning curricula in the metaverse: The hospitality students' perspective. *Journal of Hospitality, Leisure, Sport and Tourism Education*, 32. <https://doi.org/10.1016/j.jhlste.2023.100427>
- Leijen, Ä., Pedaste, M., & Lepp, L. (2020). TEACHER AGENCY FOLLOWING THE ECOLOGICAL MODEL: HOW IT IS ACHIEVED AND HOW IT COULD BE STRENGTHENED BY DIFFERENT TYPES OF REFLECTION. *British Journal of Educational Studies*, 68(3), 295–310. <https://doi.org/10.1080/00071005.2019.1672855>
- Li, H., & Cheong, J. P. G. (2022). The Impact of the COVID-19 Pandemic on the Physical Fitness of Primary School Students in China Based on the Bronfenbrenner Ecological Theory. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.896046>
- Lihua, D. (2022). An Extended Model of the Theory of Planned Behavior: An Empirical Study of Entrepreneurial Intention and Entrepreneurial Behavior in College Students. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.627818>
- Lincoln, Y. S. (2003). Constructivist Knowing, Participatory Ethics and Responsive Evaluation: A Model for the 21st Century. In T. Kellaghan, D. L. Stufflebeam, & L. A. Wingate (Eds.), *International Handbook of Educational Evaluation* (pp. 69–78). KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS
- Liu, X., Peng, M. Y. P., Anser, M. K., Chong, W. L., & Lin, B. (2020). Key Teacher Attitudes for Sustainable Development of Student Employability by Social Cognitive Career Theory: The Mediating Roles of Self-Efficacy and Problem-Based Learning. *Frontiers in Psychology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01945>
- Loderer, K., Pekrun, R., & Lester, J. C. (2020). Beyond cold technology: A systematic review and meta-analysis on emotions in technology-based

learning environments. *Learning and Instruction*, 70. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.08.002>

Loughlin, C., Lygo-Baker, S., & Lindberg-Sand, Å. (2021). Reclaiming constructive alignment. *European Journal of Higher Education*, 11(2), 119–136. <https://doi.org/10.1080/21568235.2020.1816197>

Luke, A., Woods, A., & Weir, K. (2013). Curriculum Design, Equity and the Technical Form of the Curriculum. In A. Luke, A. Woods, & K. Weir (Eds.), *Curriculum, Syllabus Design and Equity: A Primer and Model* (pp. 6–39). Routledge.

Ma, W. W. K., Tong, K.-W., Bo, W., & Tso, A. (2020). *Educational Communications and Technology Yearbook Learning Environment and Design Current and Future Impacts* (W. W. K. Ma, K. Tong, & W. B. A. Tso, Eds.). Springer Nature Singapore Pte Ltd. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-15-8167-0>

Mahmood, M. D., Raheem, B. R., & Nehal, R. (2022). Developing Multiple Intelligences through Different Learning Styles: An Integrated Approach to Learner-centered Pedagogy. *Journal La Edusci*, 3(1), 13–17. <https://doi.org/10.37899/journallaedusci.v3i1.634>

Marikyan, D., Papagiannidis, S., & Alamanos, E. (2023). Cognitive Dissonance in Technology Adoption: A Study of Smart Home Users. *Information Systems Frontiers*, 25(3), 1101–1123. <https://doi.org/10.1007/s10796-020-10042-3>

Mary, E., & Antony, A. (2022). Cambridge Educational Research e-Journal Framing Childhood Resilience Through Bronfenbrenner's Ecological Systems Theory: A Discussion Paper Framing Childhood Resilience Through Bronfenbrenner's Eco-logical Systems Theory: A Discussion Paper. *Cambridge Educational Research E-Journal* |, 9, 2022. <https://doi.org/10.17863/CAM.90564>



- McGovern, E., Moreira, G., & Luna-Nevarez, C. (2020). An application of virtual reality in education: Can this technology enhance the quality of students' learning experience? *Journal of Education for Business*, *95*(7), 490–496. <https://doi.org/10.1080/08832323.2019.1703096>
- McKenney, S., & Kali, Y. (2017). Design Methods for TEL. In E. Duval, M. Sharples, & R. Sutherland (Eds.), *Technology Enhanced Learning: Research Themes* (pp. 37–46). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-02600-8>
- Meijer, H., Hoekstra, R., Brouwer, J., & Strijbos, J. W. (2020). Unfolding collaborative learning assessment literacy: a reflection on current assessment methods in higher education. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, *45*(8), 1222–1240. <https://doi.org/10.1080/02602938.2020.1729696>
- Mercer, S. (2023). The wellbeing of language teachers in the private sector: An ecological perspective. *Language Teaching Research*, *27*(5), 1054–1077. <https://doi.org/10.1177/1362168820973510>
- Meyer, F., Johansz, D., Laumaly, A., Porumau, D., Lestari, L., Sugiarto, S., Lainsamputty, J. M., Inuhan, M., Pakniany, D., Wetamsair, J., Letlora, M., Wlointoda, N., Laru, P., Taliak, R., Mauday, S., & Jahlana, Y. (2023). Pembelajaran Outdoor Learning “Pohon Singgah” Berbasis Lingkungan dan Teknologi pada Anak-Anak di Desa Patti. *Jurnal Masyarakat Madani Indonesia*, *2*(2), 1–8. <https://doi.org/10.59025/js.v2i2.115>
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative Data Analysis* (Second Edition). SAGE Publications, Inc.
- Moallem, M. (2019). Effects of PBL on Learning Outcomes, Knowledge Acquisition, and Higher-Order Thinking Skills. In M. Moallem, W. Hung, & N. Dabbagh (Eds.), *The Wiley Handbook of Problem-Based Learning* (First Edition, pp. 107–134). John Wiley & Sons, Inc.

- Moate, J., Lempel, L., Palojärvi, A., & Kangasvieri, T. (2024). Teacher development through language-related innovation in a decentralised educational system. *Professional Development in Education*, *50*(4), 730–745. <https://doi.org/10.1080/19415257.2021.1902838>
- Mohebi, L., & Bailey, F. (2020). Exploring Bem's self-perception theory in an educational context. *Encyclopaedia*, *24*(58), 1–10. <https://doi.org/10.6092/issn.1825-8670/9891>
- Mozahem, N. A. (2022). Social cognitive theory and women's career choices: an agent-based model simulation. *Computational and Mathematical Organization Theory*, *28*(1). <https://doi.org/10.1007/s10588-020-09317-6>
- Navarro, J. L., Stephens, C., Rodrigues, B. C., Walker, I. A., Cook, O., O'Toole, L., Hayes, N., & Tudge, J. R. H. (2022). Bored of the rings: Methodological and analytic approaches to operationalizing Bronfenbrenner's PPCT model in research practice. *Journal of Family Theory and Review*, *14*(2), 233–253. <https://doi.org/10.1111/jftr.12459>
- Navarro, J. L., & Tudge, J. R. H. (2023a). Technologizing Bronfenbrenner: Neo-ecological Theory. *Current Psychology*, *42*(22), 19338–19354. <https://doi.org/10.1007/s12144-022-02738-3>
- Navarro, J. L., & Tudge, J. R. H. (2023b). Technologizing Bronfenbrenner: Neo-ecological Theory. *Current Psychology*, *42*(22), 19338–19354. <https://doi.org/10.1007/s12144-022-02738-3>
- Nikolić, M. (2020). Disturbed Social Information Processing as a Mechanism in the Development of Social Anxiety Disorder. *Child Development Perspectives*, *14*(4), 258–264. <https://doi.org/10.1111/cdep.12390>
- Ningrum, M. V. R., & Saputra, Y. W. (2020). Pengembangan Bahan Ajar Geografi Berbasis Pendidikan Karakter Pada Materi Mitigasi dan Adaptasi Bencana. *Jurnal Geoedusains*, *1*(2), 84–93.

- Nolan, H. A., & Owen, K. (2024). Medical student experiences of equality, diversity, and inclusion: content analysis of student feedback using Bronfenbrenner's ecological systems theory. *BMC Medical Education*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04986-8>
- Novak, K., & Rose, D. H. (David H. (2016). *UDL Now!: A Teacher's Guide to Applying Universal Design for Learning in Today's Classrooms*.
- Novitra, F., Festiyed, Yohandri, & Asrizal. (2021). Development of Online-based Inquiry Learning Model to Improve 21st-Century Skills of Physics Students in Senior High School. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(9), 1–20. <https://doi.org/10.29333/ejmste/11152>
- Nurhasnah, N., Sepriyanti, N., & Kustati, M. (2024). Learning Theories According to Constructivism Theory. *Journal International Inspire Education Technology*, 3(1), 19–30. <https://doi.org/10.55849/jiiet.v3i1.577>
- Ortiz, M. (2023). Loss of Control and Technology Acceptance in (Digital) Transformation: Acceptance and Design Factors of a Heuristic Model. In *Loss of Control and Technology Acceptance in (Digital) Transformation: Acceptance and Design Factors of a Heuristic Model*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-39661-9>
- O'Shaughnessy, T. J. (2021). Universal Design for Learning and Accessibility: A Practitioner Approach. In *Handbook of Research on Applying Universal Design for Learning Across Disciplines: Concepts, Case Studies, and Practical Implementation* (pp. 25–47). IGI Global.
- Panopoulos, N., & Drossinou-Korea, M. (2020). JOURNAL OF LANGUAGE AND LINGUISTIC STUDIES Bronfenbrenner's theory and teaching intervention: The case of student with intellectual disability. In *Journal of Language and Linguistic Studies* (Vol. 16, Issue 2). [www.jlls.org](http://www.jlls.org)

- Paramnesi, P. A., & Riza, A. I. (2020). Dampak Pencemaran Limbah Batik Berdasarkan Nilai Kompensasi Ekonomi di Hulu dan Hilir Sungai Asem Binatur. *KAJEN*, 4(1), 58–72.
- Phillips, P. P., & Stawarski, C. A. (2008). *Data Collection: Planning for and Collecting All Types of Data* (P. P. Phillips & Jack. J. Phillips, Eds.; 2nd ed., Vol. 2). John Wiley & Sons, Inc.
- Ploger, G. W., Dunaway, J., Fournier, P., & Soroka, S. (2021). The psychophysiological correlates of cognitive dissonance. *Politics and the Life Sciences*, 40(2), 202–212. <https://doi.org/10.1017/pls.2021.15>
- Pocaaan, J. M. (2022). Multiple Intelligences and Perceptual Learning Style Preferences of Education and Engineering Students. *International Journal of Professional Development, Learners and Learning*, 4(2), ep2209. <https://doi.org/10.30935/ijpdll/12327>
- Poikela, S., Vuoskoski, P., & Kärnä, M. (2009). Developing Creative Learning Environments in Problem-based Learning. In O.-S. Tan (Ed.), *Problem Based-Learning and Creativity* (pp. 67–86). Cengage Learning Asia Pte Ltd.
- Prasetya, R., & Prihandono, D. (2022). Development of E-Modules With Problem-Based Learning (PBL) to Increase Economic Learning Outcomes Article Info. *JEE*, 11(1), 93–102. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jeec>
- Prasetya, R., Rusdarti, & Prihandono, D. (2022). Development of E-Modules With Problem-Based Learning (PBL) to Increase Economic Learning Outcomes Article Info. *JEE: Journal of Economic Education*, 11(1), 93–102. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jeec>
- Pritchard, A. (2009). *Ways of Learning: Learning Theories and Learning Styles in The Classroom* (Second edition). Routledge.

- Putra, C. M., Koto, I., & Winarni, E. W. (2022). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berorientasi Pendekatan Kontekstual Pada Materi Penyesuaian Diri Mahluk Hidup Terhadap Lingkungannya Untuk Kelas VI. *Jurnal Kajian Pendidikan Dasar*, 1(1), 1–12. <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/kapedas/index>
- Putrianingtyas, S., Dewi, N. R., & Adriyani, R. (2022). Development of Website-based Virtual Science Learning to Train Students' Critical Thinking Skills. *Journal of Environmental and Science Education*, 2(2), 78–91. <https://doi.org/10.15294/jese.v2i2.53956>
- Qi, S., & Wang, Y. (2024). Sketching the ecology of humor in English language classes: Disclosing the determinant factors. *Applied Linguistics Review*. <https://doi.org/10.1515/applirev-2023-0283>
- Quinn, C. N. (2005). *Engaging Learning: Designing e-Learning Simulation Games*. John Wiley & Sons, Inc.
- Qutab, L., Raza, A., Tabbassum, R., & Zareen, S. J. (2024). An Investigation to Study the Relationship of Multiple Intelligence and Students' Learning Styles. *Pakistan Journal of Humanities and Social Sciences*, 12(1). <https://doi.org/10.52131/pjhss.2024.v12i1.1924>
- Rahmat, M. R., Arip, A. G., & Nur, S. H. (2020). Implementation of Problem-Based Learning Model Assisted by E-Modules on Students' Critical Thinking Ability. *JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, 9(3), 339. <https://doi.org/10.23887/jpi-undiksha.v9i3.22410>
- Rapp, W. H. (2014). *Universal Design for Learning in Action: 100 Ways to Teach All Learners*. Paul H. Brookes Publishing Co.
- Razak, A. A., Ramdan, M. R., Mahjom, N., Zabit, M. N. M., Muhammad, F., Hussin, M. Y. M., & Abdullah, N. L. (2022). Improving Critical Thinking Skills in Teaching through Problem-Based Learning for Students: A Scoping Review. In *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research* (Vol. 21, Issue 2, pp. 342–362). Society for

Research and Knowledge Management.  
<https://doi.org/10.26803/ijlter.21.2.19>

Robles, P., & Mallinson, D. J. (2023). Artificial intelligence technology, public trust, and effective governance. *Review of Policy Research*.  
<https://doi.org/10.1111/ropr.12555>

Roeser, S., Taebi, B., & Doorn, N. (2020). Geoengineering the climate and ethical challenges: what we can learn from moral emotions and art. *Critical Review of International Social and Political Philosophy*, 23(5), 641–658. <https://doi.org/10.1080/13698230.2020.1694225>

Runions, K. C., & Keating, D. P. (2007). Young Children's Social Information Processing: Family Antecedents and Behavioral Correlates. *Developmental Psychology*, 43(4), 838–849.  
<https://doi.org/10.1037/0012-1649.43.4.838>

Ruslan, & Raudin. (2022). Development of E-Module for Introduction to Educational Technology at Muhammadiyah University of Makassar. *IJ-ET: Indonesian Journal of Educational Technology*, 1(1), 53–66.

Sahlberg, P. (2016). The Global Educational Reform Movement and Its Impact on Schooling. In K. Mundy, A. Green, B. Lingard, & A. Verger (Eds.), *The Handbook of Global Education Policy* (pp. 128–144). John Wiley & Sons, Ltd.

Samani, M., Sunwinarti, S., Putra, B. A. W., Rahmadian, R., & Rohman, J. N. (2019). Learning Strategy to Develop Critical Thinking, Creativity, and Problem-Solving Skills for Vocational School Students. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 25(1), 36–42.  
<https://doi.org/10.21831/jptk.v25i1.22574>

Santika, I. G. N., Suastra, I. W., & Arnyana, I. B. P. (2022). Membentuk Karakter Peduli Lingkungan Pada Siswa Sekolah Dasar Melalui Pembelajaran IPA. *Jurnal Education and Development*, 10(1), 207–212.

- Sarlin, M., Arsyad, A., & Haris, I. (2022). Identifying Key Component of Collaborative Problem Solving in Teaching and Learning Process: The Challenges Ahead in Preparing for 21st Century Skills. In *Journal of Higher Education Theory and Practice* (Vol. 22, Issue 5).
- Saubern, R., Urbach, D., Koehler, M., & Phillips, M. (2020). Describing increasing proficiency in teachers' knowledge of the effective use of digital technology. *Computers and Education*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103784>
- Savin-Baden, M. (n.d.). *A Practical Guide to Problem-based Learning Online*.
- Savin-Baden, M., & Major, C. H. (2004). *Foundations of Problem-based Learning*. Open University Press.
- Scalabrin Bianchi, I., Sousa, R. D., & Pereira, R. (2021). *informatics Information Technology Governance for Higher Education Institutions: A Multi-Country Study*. <https://doi.org/10.3390/informatics>
- Schriesheim, C. A., & Liu, Y. (2018). Distinguished Scholars Invited Essay: Becoming a Good Sport and a Better Performer: A Social Information Processing View of Authentic Leadership. *Journal of Leadership and Organizational Studies*, 25(2), 141–152. <https://doi.org/10.1177/1548051817740323>
- Sejati, S. P., Rosaji, F. S. C., Permatasari, A. L., Nucifera, F., Suherningtyas, I. A., Riasasi, W., Arsanti, V., & Sekarsih, F. N. (2021). *Geomedia Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian Teknologi geospasial sebagai media pembelajaran geografi di lingkungan sekolah tingkat menengah*. 19(1), 15–25. <https://journal.uny.ac.id/index.php/geomedia/index>
- Şenol, F. B., & Metin, E. N. (2021). Social information processing in preschool children: Relations to social interaction. *Participatory Educational Research*, 8(4), 124–138. <https://doi.org/10.17275/PER.21.82.8.4>

- Setiawati, I., Hadiprajitno, P. T. B., & Ardiansah, M. N. (2021). Perspektif Model TAM Dalam Adaptasi Pembelajaran Akuntansi Melalui E-Learning Selama Pandemi COVID-19. *Jurnal Akuntansi Bisnis*, 19(1), 36–45.
- Setiyo Yuniarti, T., & Margawati, A. (2019). Faktor Risiko Kejadian Stunting Anak Usia 1-2 Tahun di Daerah Rob Kota Pekalongan. *Jurnal Riset Gizi*, 7(2), 83–90.
- Shadiev, R., & Yang, M. (2020). Review of studies on technology-enhanced language learning and teaching. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 2). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su12020524>
- Shliakhovchuk, E. (2024). Video Games as Awareness Raisers, Attitude Changers, and Agents of Social Change. *International Journal of Computer Games Technology*, 2024. <https://doi.org/10.1155/2024/3274715>
- Spector, J. Michael. (2015). *The SAGE encyclopedia of educational technology*. SAGE Publications.
- Stanley, T. (2021). *Project- Based Learning for Gifted Students: A Step-by-Step Guide to PBL and Inquiry in the Classroom* (Second Edition). Prufrock Press Inc.
- Su, Y., Zhu, Z., Chen, J., Jin, Y., Wang, T., Lin, C. L., & Xu, D. (2021). Factors influencing entrepreneurial intention of university students in china: Integrating the perceived university support and theory of planned behavior. *Sustainability (Switzerland)*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/su13084519>
- Sumner, E. M., & Ramirez, A. (2017). Social Information Processing Theory and Hyperpersonal Perspective. In *The International Encyclopedia of Media Effects* (pp. 1–11). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118783764.wbieme0090>



- Supadmini, N. K., Wijaya, I. K. W. B., & Larashanti, I. A. D. (2020). Implementasi Model Pendidikan Lingkungan UNESCO Di Sekolah Dasar. *Cetta: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 3(1), 77–83. <https://doi.org/10.37329/cetta.v3i1.416>
- Supena, I., Darmuki, A., & Hariyadi, A. (2021). The influence of 4C (constructive, critical, creativity, collaborative) learning model on students' learning outcomes. *International Journal of Instruction*, 14(3), 873–892. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.14351a>
- Suryaningtyas, A., Kimianti, F., & Prasetyo, Z. K. (2020). Developing Science Electronic Module Based on Problem-Based Learning and Guided Discovery Learning to Increase Critical Thinking and Problem-Solving Skills. *International Conference on Educational Research and Innovation (ICERI 2019)*, 65–70. <https://emodul.online/>
- Suryawati, E., Suzanti, F., Zulfarina, Putriana, A. R., & Febrianti, L. (2020). The implementation of local environmental problem-based learning student worksheets to strengthen environmental literacy. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(2), 169–178. <https://doi.org/10.15294/jpii.v9i2.22892>
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. Springer Science+Business Media, LLC. <http://www.springer.com/series/8640>
- Syafitri, A. W., & Rochani, A. (2021). Analisis Penyebab Banjir Rob di Kawasan Pesisir Studi Kasus: Jakarta Utara, Semarang Timur, Kabupaten Brebes, Pekalongan. *Jurnal Kajian Ruang*, 1(1), 16–28. <http://jurnal.unissula.ac.id/index.php/kr>
- Szabo, Z. K., Körtesi, P., Guncaga, J., Szabo, D., & Neag, R. (2020). Examples of problem-solving strategies in mathematics education supporting the sustainability of 21st-century skills. *Sustainability (Switzerland)*, 12(23), 1–28. <https://doi.org/10.3390/su122310113>

- Tan, O. Seng. (2010). *Problem-based learning innovation : using problems to power learning in the 21st century*. Cengage Learning.
- Tanybayeva, A. K., Abubakirova, K. D., & Rysmagambetova, A. A. (2020). *Environment and Sustainable Development: educational-manual*. Qazaq University.
- Tedlock, B. (2005). The Observation of Participation and the Emergence of Public Ethnography. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *The Sage Handbook of Qualitative Research* (Third Edition, pp. 467–482). SAGE Publications.
- Thomas, A., & Gupta, V. (2021). Social Capital Theory, Social Exchange Theory, Social Cognitive Theory, Financial Literacy, and the Role of Knowledge Sharing as a Moderator in Enhancing Financial Well-Being: From Bibliometric Analysis to a Conceptual Framework Model. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.664638>
- Thurstone, L. L., & Chave, E. J. (1956). *The Measurement of Attitude: A Psychophysical Method and Some Experiments with a Scale for Measuring Attitude toward the Church*. The University of Chicago Press.
- Tong, P., & An, I. S. (2023). Review of studies applying Bronfenbrenner's bioecological theory in international and intercultural education research. In *Frontiers in Psychology* (Vol. 14). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1233925>
- Trimanah, T., Mubarak, M., & Maghvira, G. (2021). Kampanye Komunikasi Lingkungan melalui Media Tanaman di Desa Karangjampo Kecamatan Tirto Kabupaten Pekalongan. *Indonesian Journal of Community Services*, 3(1), 65–72. <https://doi.org/10.30659/ijocs.3.1.65-72>
- Tyas, E. H., Sunarto, S., & Naibaho, L. (2020). Building Superior Human Resources through Character Education. *TEST: Engineering & Management*, 83, 11864–11873.

- Ursavaş, Ö. F. (2022). *Conducting Technology Acceptance Research in Education: Theory, Models, Implementation, and Analysis*. Springer Nature Switzerland AG. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-031-10846-4>
- Utami, C. W., Giyarsih, S. R., Marfai, M. A., & Fariz, T. R. (2021). Kerawanan Banjir Rob dan Peran Gender dalam Adaptasi di Kecamatan Pekalongan Utara. *Jurnal Planologi*, 18(1), 1829–9172.
- van der Meer, N., van der Werf, V., Brinkman, W. P., & Specht, M. (2023). Virtual reality and collaborative learning: a systematic literature review. In *Frontiers in Virtual Reality* (Vol. 4). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1159905>
- van Laar, E., van Deursen, A. J. A. M., van Dijk, J. A. G. M., & de Haan, J. (2020). Determinants of 21st-Century Skills and 21st-Century Digital Skills for Workers: A Systematic Literature Review. In *SAGE Open* (Vol. 10, Issue 1). SAGE Publications Inc. <https://doi.org/10.1177/2158244019900176>
- Varghese, J., & M.N Mohamedunni Alias Musthafa. (2021). Investigating 21st Century Skills Level among Youth. *GiLE Journal of Skills Development*, 1(2), 99–107. <https://doi.org/10.52398/gjsd.2021.v1.i2.pp99-107>
- Vasihali, & Misra, P. K. (2020). Implications of Constructivist Approaches in the Classrooms: The Role of the Teachers. *Asian Journal of Education and Social Studies*, 17–25. <https://doi.org/10.9734/ajess/2020/v7i430205>
- Voogt, J., Pieters, J., & Roblin, N. P. (2019). Collaborative Curriculum Design in Teacher Teams: Foundations. In J. Pieters, J. Voogt, & N. P. Roblin (Eds.), *Collaborative Curriculum Design for Sustainable Innovation and Teacher Learning* (pp. 5–18). Springer Nature Switzerland AG. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-20062-6>

- Wardhani, Y. S., Al-Muhdhar, M. H. I., Suhadi, & Ahmad, R. (2022). Pengembangan E-Module Adiwiyata Berbasis Reading Mind Mapping CIRC untuk SMA Kelas X. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 7(4), 130–142. <http://journal.um.ac.id/index.php/jptpp/>
- Waterhouse, L. (2023). Why multiple intelligences theory is a neuromyth. *Frontiers in Psychology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1217288>
- Widada, S., Ismanto, A., Priambodo, I. B., & Siagian, H. (2022). Perubahan Garis Pantai dan Dampaknya Terhadap Banjir Rob di Kecamatan Pekalongan Utara, Kota Pekalongan, Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Kelautan Tropis*, 25(1), 121–130. <https://doi.org/10.14710/jkt.v25i1.13843>
- Widarti, H. R., Permanasari, A., Mulyani, S., Rokhim, D. A., & Habiddin. (2021). Multiple Representation-Based Learning through Cognitive Dissonance Strategy to Reduce Student's Misconceptions in Volumetric Analysis. *TEM Journal*, 10(3), 1263–1273. <https://doi.org/10.18421/TEM103-33>
- Widiastuti, I. A. M. S., Mantra, I. B. N., Utami, I. L. P., Sukanadi, N. L., & Susrawan, I. N. A. (2023). Implementing Problem-based Learning to Develop Students' Critical and Creative Thinking Skills. *JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, 12(4), 658–667. <https://doi.org/10.23887/jpiundiksha.v12i4.63588>
- Wiles, J. W., & Bondi, J. C. (2015). *Curriculum development: a guide to practice* (Ninth Edition). Pearson, Inc.
- Wimelius, H., Mathiassen, L., Holmström, J., & Keil, M. (2021). A paradoxical perspective on technology renewal in digital transformation. *Information Systems Journal*, 31(1), 198–225. <https://doi.org/10.1111/isj.12307>

- Wurdinger, S. D. (2016). *The Power of Project-Based Learning: Helping Students Develop Important Life Skills*. Rowman & Littlefield.
- Xie, M., & Xu, X. (2022). Construction of a College Physical Education Teaching Model Using Multiple Intelligences Theory. *Scientific Programming, 2022*. <https://doi.org/10.1155/2022/1837512>
- Yaacob, A., Mohd Asraf, R., Hussain, R. M. R., & Ismail, S. N. (2020). Empowering Learners' Reflective Thinking through Collaborative Reflective Learning. *International Journal of Instruction, 14*(1), 709–726. <https://doi.org/10.29333/IJI.2021.14143A>
- Yahya, A. H., & Sukmayadi, V. (2020). A Review of Cognitive Dissonance Theory and Its Relevance to Current Social Issues. *MIMBAR: Jurnal Sosial Dan Pembangunan, 36*(2). <https://doi.org/10.29313/mimbar.v36i2.6652>
- Yavich, R., & Rotnitsky, I. (2020). Multiple intelligences and success in school studies. *International Journal of Higher Education, 9*(6), 107–117. <https://doi.org/10.5430/ijhe.v9n6p107>
- Yembergenova, D. (2022). Moving beyond ideological problem-solving paradigms in higher education governance studies: Toward a renewed perspective. *Hungarian Educational Research Journal*. <https://doi.org/10.1556/063.2022.00113>
- Yukselturk, E., & Cagilta, K. (2007). Collaborative Work in Online Learning Environments: Critical Issues Dynamics Challenges. In K. L. Orvis & A. L. R. Lassiter (Eds.), *Computer-Supported Collaborative Learning: Best Practices and Principles for Instructors* (pp. 114–139). Information Science Pub.
- Yuniati, A. (2021). Kemah Bolastik Mewujudkan Lingkungan Bersih di SMP Negeri 10 Pekalongan. *Dwjaloka Jurnal Pendidikan Dasar & Menengah, 2*(3), 314–321.

- Yusliza, M. Y., Amirudin, A., Rahadi, R. A., Athirah, N. A. N. S., Ramayah, T., Muhammad, Z., Dal Mas, F., Massaro, M., Saputra, J., & Mokhlis, S. (2020). An investigation of pro-environmental behaviour and sustainable development in Malaysia. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(17). <https://doi.org/10.3390/su12177083>
- Zaremohzzabieh, Z., Ismail, N., Ahrari, S., & Abu Samah, A. (2021). The effects of consumer attitude on green purchase intention: A meta-analytic path analysis. *Journal of Business Research*, *132*, 732–743. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.10.053>
- Zhang, Y., Wu, C., & Liu, F. (2021). Exploration of Attitude Change Theory in Online Public Opinion Guidance. *E3S Web of Conferences*, *253*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125303018>
- Zhi, R., Wang, Y., & Wang, Y. (2024). The Role of Emotional Intelligence and Self-efficacy in EFL Teachers' Technology Adoption. *Asia-Pacific Education Researcher*, *33*(4), 845–856. <https://doi.org/10.1007/s40299-023-00782-6>
- Žogla, I. (2019). Principles of Learner Learning-Centred Didactic in the Context of Technology-Enhanced Learning. In L. Daniela (Ed.), *Didactics of Smart Pedagogy: Smart Pedagogy for Technology Enhanced Learning* (pp. 71–94). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-01551-0>

## LAMPIRAN

Lampiran 01: Kuesioner Sensitivitas dan Kepedulian pelajar Terhadap Isu-isu Lingkungan

| Komponen                                 | Indikator  | Jumlah Butir | Nomor Butir |
|--|--|--------------|-------------|
| <b>Pemahaman terhadap Isu Lingkungan</b> | 1. Mengetahui jenis-jenis isu lingkungan lokal (abrasi pantai, banjir, rob, sampah, dll.)            | 3            | 1, 2, 3     |
|  | 2. Memahami dampak dari setiap isu lingkungan tersebut   | 2            | 4, 5        |
|  | 3. Menyadari peran manusia dalam menyebabkan dan memitigasi masalah lingkungan                       | 2            | 6, 7        |
| <b>Sensitivitas Lingkungan</b>           | 1. Menyadari keberadaan masalah lingkungan di sekitar (seperti kondisi pantai yang mengalami abrasi) | 3            | 8, 9, 10    |
|  | 2. Memperhatikan perubahan lingkungan akibat aktivitas manusia                                       | 2            | 11, 12      |
|  | 3. Memiliki keprihatinan terhadap isu-isu lingkungan yang terjadi di Pekalongan                      | 3            | 13, 14, 15  |
| <b>Respons Emosional</b>                 | 1. Merasa prihatin terhadap kerusakan lingkungan   | 2            | 16, 17      |
|  | 2. Merasa bertanggung jawab secara moral untuk menjaga lingkungan                                    | 2            | 18, 19      |
|  | 3. Merasa tergugah untuk ikut serta dalam aksi penyelamatan lingkungan                               | 2            | 20, 21      |
| <b>Self-Efficacy Lingkungan</b>          | 1. Yakin dapat berkontribusi dalam menjaga kebersihan dan kelestarian lingkungan                     | 3            | 22, 23, 24  |
|  | 2. Percaya diri untuk mengikuti kegiatan lingkungan di sekolah atau di masyarakat                    | 2            | 25, 26      |
|  | 3. Mampu memberikan contoh baik dalam perilaku ramah lingkungan kepada teman sebaya                  | 2            | 27, 28      |
| <b>Perilaku Pro-Lingkungan</b>           | 1. Terlibat dalam kegiatan lingkungan di sekolah atau masyarakat (misalnya, kegiatan bersih-bersih)  | 3            | 29, 30, 31  |
|  | 2. Mengurangi penggunaan produk yang tidak ramah lingkungan  | 2            | 32, 33      |
|  | 3. Mengikuti dan menerapkan program-program pengelolaan sampah yang ada di sekolah/masyarakat        | 2            | 34, 35      |
| <b>Kesediaan untuk Beraksi</b>           | 1. Bersedia ikut serta dalam kampanye atau aksi lingkungan   | 2            | 36, 37      |
|  | 2. Bersedia melaporkan atau mengingatkan orang lain tentang pentingnya menjaga lingkungan            | 2            | 38, 39      |
|  | 3. Bersedia melakukan perubahan kebiasaan untuk mengurangi dampak lingkungan                         | 2            | 40, 41      |

## Lampiran 02: Kuesioner Sensitivitas Dan Kepedulian Pelajar Terhadap Isu-Isu Lingkungan

### PENGANTAR

Kuesioner ini bertujuan untuk mengukur tingkat sensitivitas dan kepedulian pelajar terhadap isu-isu lingkungan di Kota Pekalongan, seperti abrasi pantai, banjir, rob, masalah sampah, pencemaran limbah, dan penurunan tanah. Hasil dari kuesioner ini akan membantu dalam mengidentifikasi pemahaman, perasaan, dan kesediaan Anda untuk terlibat dalam upaya pelestarian lingkungan. Kuesioner ini bersifat anonim, dan jawaban Anda akan dijaga kerahasiaannya. Oleh karena itu, kami berharap Anda menjawab dengan jujur sesuai dengan kondisi yang Anda rasakan dan alami.

### PETUNJUK PENGISIAN

1. Bacalah setiap pernyataan dengan cermat.
2. Terdapat lima pilihan jawaban untuk setiap pernyataan. Pilihlah salah satu yang paling sesuai dengan pendapat atau perasaan Anda:
  - SS** (Sangat Sesuai): jika pernyataan tersebut sangat sesuai dengan pendapat atau perasaan Anda.
  - S** (Sesuai): jika pernyataan tersebut cukup sesuai dengan pendapat atau perasaan Anda.
  - R** (Ragu-ragu): jika Anda tidak yakin atau merasa netral terhadap pernyataan tersebut.
  - TS** (Tidak Sesuai): jika pernyataan tersebut kurang sesuai dengan pendapat atau perasaan Anda.
  - STS** (Sangat Tidak Sesuai): jika pernyataan tersebut sangat tidak sesuai dengan pendapat atau perasaan Anda.
3. Berikan tanda centang (✓) di kolom yang sesuai dengan jawaban Anda pada setiap pernyataan.
4. Tidak ada jawaban benar atau salah. Pilihlah jawaban yang paling menggambarkan perasaan atau pengalaman Anda.
5. Harap menjawab semua pernyataan tanpa ada yang terlewatkan.

Terima kasih atas partisipasi Anda dalam kuesioner ini. Jawaban Anda sangat berharga untuk mendukung penelitian ini dan meningkatkan upaya pelestarian lingkungan di Kota Pekalongan.

| No. | Pernyataan/ Pertanyaan   | SS | S | R | TS | STS |
|-----|--|----|---|---|----|-----|
| 1   | Saya mengetahui jenis-jenis isu lingkungan lokal seperti abrasi pantai, banjir, rob, dan masalah sampah. |    |   |   |    |     |



| No. | Pernyataan/ Pertanyaan  | SS | S | R | TS | STS |
|-----|---|----|---|---|----|-----|
| 2   | Saya memahami bahwa banjir dan rob sering terjadi di Pekalongan akibat perubahan iklim.                         |    |   |   |    |     |
| 3   | Saya menyadari adanya pencemaran limbah yang memengaruhi kualitas air di Kota Pekalongan.                       |    |   |   |    |     |
| 4   | Saya memahami dampak abrasi pantai terhadap ekosistem pesisir dan masyarakat.                                   |    |   |   |    |     |
| 5   | Saya tahu bahwa pencemaran limbah berdampak buruk pada kesehatan masyarakat.                                    |    |   |   |    |     |
| 6   | Saya menyadari bahwa manusia berperan dalam menyebabkan dan memitigasi masalah lingkungan.                      |    |   |   |    |     |
| 7   | Saya memahami bahwa perubahan perilaku kita dapat membantu mengurangi kerusakan lingkungan.                     |    |   |   |    |     |
| 8   | Saya menyadari adanya masalah abrasi pantai di sekitar tempat tinggal saya.                                     |    |   |   |    |     |
| 9   | Saya merasa prihatin dengan masalah banjir yang sering terjadi di Pekalongan.                                   |    |   |   |    |     |
| 10  | Saya memperhatikan adanya rob yang memengaruhi kehidupan masyarakat sekitar.                                    |    |   |   |    |     |
| 11  | Saya menyadari bahwa aktivitas manusia seperti pembuangan sampah sembarangan memperburuk pencemaran lingkungan. |    |   |   |    |     |
| 12  | Saya merasa prihatin melihat sampah yang menumpuk di sekitar lingkungan saya.                                   |    |   |   |    |     |
| 13  | Saya merasa perlu ikut berperan dalam mengatasi masalah lingkungan di Pekalongan.                               |    |   |   |    |     |
| 14  | Saya sering merasa prihatin dengan dampak pencemaran limbah pada ekosistem air.                                 |    |   |   |    |     |
| 15  | Saya merasa bahwa masalah banjir dan rob memerlukan tindakan segera dari semua pihak.                           |    |   |   |    |     |
| 16  | Saya merasa bersalah jika tidak menjaga kebersihan lingkungan sekitar.  |    |   |   |    |     |
| 17  | Saya merasa bahwa menjaga lingkungan adalah tanggung jawab saya.  |    |   |   |    |     |
| 18  | Saya merasa terdorong untuk melakukan aksi nyata dalam menjaga lingkungan.                                      |    |   |   |    |     |
| 19  | Saya merasa bangga jika terlibat dalam kegiatan pelestarian lingkungan.   |    |   |   |    |     |
| 20  | Saya yakin bahwa saya dapat membantu menjaga lingkungan dengan mengurangi sampah.                               |    |   |   |    |     |

| No. | Pernyataan/ Pertanyaan  | SS | S | R | TS | STS |
|-----|---|----|---|---|----|-----|
| 21  | Saya percaya diri untuk terlibat dalam kegiatan lingkungan di sekolah atau masyarakat.                  |    |   |   |    |     |
| 22  | Saya yakin bahwa saya bisa memberikan contoh yang baik dalam perilaku ramah lingkungan.                 |    |   |   |    |     |
| 23  | Saya aktif dalam kegiatan bersih-bersih lingkungan di sekolah atau masyarakat.                          |    |   |   |    |     |
| 24  | Saya berusaha mengurangi penggunaan produk yang tidak ramah lingkungan.                                 |    |   |   |    |     |
| 25  | Saya berpartisipasi dalam program pengelolaan sampah di sekolah atau masyarakat.                        |    |   |   |    |     |
| 26  | Saya bersedia ikut serta dalam kampanye atau aksi lingkungan.   |    |   |   |    |     |
| 27  | Saya bersedia mengingatkan orang lain tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan.                 |    |   |   |    |     |
| 28  | Saya bersedia mengubah kebiasaan saya untuk mengurangi dampak lingkungan.                               |    |   |   |    |     |
| 29  | Saya tertarik untuk mempelajari lebih dalam tentang cara mengatasi masalah lingkungan di Pekalongan.    |    |   |   |    |     |
| 30  | Saya merasa terinspirasi melihat orang lain yang peduli terhadap lingkungan.                            |    |   |   |    |     |
| 31  | Saya merasa bahwa setiap individu, termasuk saya, bertanggung jawab atas kondisi lingkungan di sekitar. |    |   |   |    |     |
| 32  | Saya memahami dampak jangka panjang jika masalah lingkungan di Pekalongan tidak segera ditangani.       |    |   |   |    |     |
| 33  | Saya mendukung inisiatif pemerintah dan komunitas untuk menjaga lingkungan di Pekalongan.               |    |   |   |    |     |
| 34  | Saya sering mengikuti berita atau informasi tentang isu-isu lingkungan.                                 |    |   |   |    |     |
| 35  | Saya menganggap penting untuk mengurangi jejak karbon melalui perubahan gaya hidup.                     |    |   |   |    |     |
| 36  | Saya merasa bahwa saya dapat membuat perbedaan dalam mengatasi masalah lingkungan, meskipun kecil.      |    |   |   |    |     |
| 37  | Saya cenderung memprioritaskan produk ramah lingkungan ketika berbelanja.                               |    |   |   |    |     |
| 38  | Saya sering mencari tahu tentang dampak dari aktivitas manusia terhadap lingkungan sekitar.             |    |   |   |    |     |
| 39  | Saya merasa tanggung jawab untuk menjaga kelestarian lingkungan bagi generasi yang akan datang.         |    |   |   |    |     |
| 40  | Saya tertarik untuk terlibat dalam proyek pelestarian lingkungan di masa depan.                         |    |   |   |    |     |

| No. | Pernyataan/ Pertanyaan   | SS | S | R | TS | STS |
|-----|--|----|---|---|----|-----|
| 41  | Saya merasa terdorong untuk memotivasi orang lain agar peduli terhadap isu lingkungan. |    |   |   |    |     |

Lampiran 03 : Lembar Observasi

| No. | Aspek yang Diamati                         | Indikator  | Skor | Keterangan  |
|-----|--|--|------|---|
| 1   | Pemahaman tentang isu lingkungan           | Mengetahui jenis-jenis masalah lingkungan seperti abrasi pantai, banjir, rob, dan pencemaran limbah.     |      | Catatan terkait pemahaman siswa                     |
|     |  | Menyadari dampak negatif dari setiap masalah lingkungan tersebut.  |      |   |
|     |  | Memahami peran manusia dalam menyebabkan dan mengurangi kerusakan lingkungan.                            |      |   |
| 2   | Sensitivitas terhadap perubahan lingkungan | Menyadari perubahan lingkungan akibat kegiatan manusia di sekitar sekolah atau rumah.                    |      | Catatan terkait observasi di lingkungan sekitar     |
|     |  | Memperhatikan adanya sampah atau pencemaran di sekitar tempat tinggal atau sekolah.                      |      |   |
|     |  | Menunjukkan keprihatinan terhadap kondisi lingkungan yang rusak.   |      |   |
| 3   | Respons emosional                          | Menunjukkan rasa prihatin atau rasa bersalah terhadap kerusakan lingkungan.                              |      | Catatan observasi terhadap ekspresi emosional siswa |
|     |  | Merasa tergugah untuk terlibat dalam kegiatan lingkungan.  |      |   |
|     |  | Merasa bangga saat terlibat dalam aksi lingkungan.   |      |   |
| 4   | Perilaku pro-lingkungan                    | Mengurangi penggunaan plastik atau bahan sekali pakai.   |      | Catatan observasi perilaku sehari-hari siswa        |
|     |  | Berpartisipasi dalam kegiatan bersih-bersih atau penanaman pohon di sekolah atau komunitas.              |      |   |
|     |  | Mengikuti program pengelolaan sampah di sekolah.   |      |   |
| 5   | Partisipasi dalam kegiatan lingkungan      | Mengajak teman untuk menjaga kebersihan lingkungan sekolah.  |      | Catatan terkait partisipasi dan keterlibatan siswa  |
|     |  | Mengikuti kampanye atau kegiatan lingkungan yang diadakan oleh sekolah atau masyarakat.                  |      |   |
|     |  | Mengingatkan orang lain untuk menjaga lingkungan, misalnya dalam kelompok belajar atau kegiatan sekolah. |      |   |

Keterangan Skor

**4 = Sangat Baik** : Siswa menunjukkan pemahaman atau perilaku yang sangat baik terhadap aspek lingkungan yang diamati.

**3 = Baik** : Siswa menunjukkan pemahaman atau perilaku yang baik.

- 2** = Cukup : Siswa menunjukkan pemahaman atau perilaku yang cukup.  
**1** = Kurang : Siswa menunjukkan pemahaman atau perilaku yang kurang.  
**0** = Tidak Terlihat : Tidak ada indikasi pemahaman atau perilaku terhadap aspek yang diamati.

#### Lampiran 4: Lembar Wawancara

**Nama Wawancara** :  
**Tanggal** :  
**Nama Pelajar** :  
**Kelas** :  
**Waktu Wawancara** :

#### Petunjuk Pewawancara

1. Jelaskan kepada pelajar bahwa wawancara ini bertujuan untuk memahami tingkat kepedulian dan kesadaran mereka terhadap isu-isu lingkungan di sekitar Kota Pekalongan.
2. Ajukan pertanyaan secara perlahan dan beri kesempatan kepada pelajar untuk memberikan jawaban secara rinci.
3. Catat tanggapan pelajar pada kolom "Jawaban" dan berikan keterangan tambahan jika ada observasi penting selama wawancara.

| No. | Pertanyaan   | Jawaban | Keterangan Tambahan                             |
|-----|--|---------|---|
| 1   | Apa yang Anda ketahui tentang masalah lingkungan yang sering terjadi di Kota Pekalongan, seperti abrasi pantai, banjir, atau rob?                |         | Observasi terkait pemahaman siswa terhadap isu  |
| 2   | Menurut Anda, bagaimana dampak dari masalah lingkungan seperti pencemaran limbah atau sampah terhadap kehidupan sehari-hari?                     |         | Catatan observasi tambahan                      |
| 3   | Apakah Anda merasa prihatin terhadap kondisi lingkungan di sekitar Anda? Mengapa demikian?   |         | Observasi terkait ekspresi emosional siswa      |
| 4   | Apa yang biasanya Anda lakukan untuk menjaga kebersihan dan kelestarian lingkungan di rumah atau di sekolah?                                     |         | Catatan perilaku pro-lingkungan yang disebutkan |
| 5   | Bagaimana perasaan Anda ketika melihat orang lain tidak peduli terhadap lingkungan, seperti membuang sampah sembarangan?                         |         | Observasi reaksi emosional siswa                |
| 6   | Apakah Anda pernah terlibat dalam kegiatan lingkungan, seperti kampanye kebersihan atau kegiatan daur ulang? Ceritakan pengalaman Anda jika ada. |         | Observasi terkait partisipasi dalam kegiatan    |
| 7   | Menurut Anda, apa yang bisa dilakukan untuk mengurangi dampak banjir atau rob di Kota Pekalongan?  |         | Catatan ide siswa terhadap solusi lingkungan    |
| 8   | Apakah Anda merasa bertanggung jawab secara pribadi untuk menjaga lingkungan? Bagaimana perasaan Anda tentang hal ini?                           |         | Observasi terkait tanggung jawab moral siswa    |
| 9   | Apa yang mendorong Anda untuk terlibat lebih aktif dalam kegiatan pelestarian lingkungan? Apakah ada faktor tertentu yang memotivasi Anda?       |         | Observasi motivasi atau dorongan siswa          |
| 10  | Jika Anda bisa memberikan pesan kepada teman-teman Anda tentang pentingnya menjaga lingkungan, apa yang ingin Anda sampaikan?                    |         | Observasi sikap dan kesadaran sosial siswa      |

#### Catatan Pewawancara

Tuliskan pengamatan khusus atau hal-hal penting yang muncul selama wawancara, termasuk bahasa tubuh atau ekspresi siswa yang dapat memberi wawasan lebih dalam tentang kepedulian dan sensitivitas mereka terhadap isu lingkungan.

## Lampiran 05: Lembar validasi model

Judul Materi : \_\_\_\_\_  
Jenjang Pendidikan : \_\_\_\_\_  
Nama Pengembang : \_\_\_\_\_  
Tanggal Validasi : \_\_\_\_\_

### Petunjuk Pengisian

1. Bacalah materi pembelajaran dengan seksama.
2. Berikan penilaian pada setiap aspek menggunakan skala sebagai berikut:
  - 1 = Sangat Tidak Sesuai/Relevan
  - 2 = Tidak Sesuai
  - 3 = Cukup
  - 4 = Sesuai/Relevan
  - 5 = Sangat Tidak Sesuai/Relevan
3. Berikan saran atau komentar tambahan di bagian yang disediakan.

### Aspek yang Dinilai

| No | Aspek yang Dinilai                       | Penilaian (1-5) | Saran/Komentar Tambahan |
|----|--|-----------------|-------------------------|
| 1  | Kesesuaian Materi dengan Kurikulum       |                 |                         |
| 2  | Keterpaduan Isu Lingkungan dalam Materi  |                 |                         |
| 3  | Kejelasan dan Keterbacaan Materi         |                 |                         |
| 4  | Relevansi Materi dengan Kebutuhan Siswa  |                 |                         |
| 5  | Metode Penyampaian yang Digunakan        |                 |                         |
| 6  | Aktivitas Pembelajaran yang Disarankan   |                 |                         |
| 7  | Keseluruhan Kualitas Materi Pembelajaran |                 |                         |

Bila lembar saran/komentar tidak cukup, Bapak/Ibu bisa menggunakan lembar lain.

### Data Diri Validator

Nama Validator : \_\_\_\_\_  
Jabatan : \_\_\_\_\_  
Instansi/ Sekolah : \_\_\_\_\_

Tanda Tangan : \_\_\_\_\_

Lampiran 06: Contoh RPS dan LKPD

MODUL AJAR KURIKULUM MERDEKA  
 PERBANDINGAN TRIGONOMETRI PADA SEGITIGA SIKU-SIKU  
 TERINTEGRASI ISU LINGKUNGAN BERBASIS TEKNOLOGI  
 DI KOTA PEKALONGAN

MATA PELAJARAN: MATEMATIKA FASE E KELAS X

| I. INFORMASI UMUM  |  |
|--|--|
| <b>A. Identitas Modul</b>  |  |
| Penyusun   | RUMALAH, S.Pd.   |
| Satuan Pendidikan  | SMA NEGERI 4 PEKALONGAN  |
| Tahun Ajaran   | 2024/2025  |
| Mata Pelajaran   | Matematika   |
| Fase/Kelas/Semester  | Fase E/X/Gasal   |
| Materi   | Perbandingan Trigonometri pada Segitiga Siku-Siku terintegrasi Isu Lingkungan berbasis Teknologi |
| Alokasi Waktu  | 2 x 45 menit   |
| <b>B. Kompetensi Awal</b>  |  |
| Peserta didik memahami materi teorema Phytagoras dan kesebangunan segitiga   |  |
| <b>C. Profil Pelajar Pancasila</b>   |  |
| <b>Dimensi</b>   | <b>Pilihan</b>   |
| Beriman, bertakwa kepada Tuhan YME, dan berakhlak mulia  | X  |
| Berkebinekaan Global   |  |
| Gotong Royong  | X  |
| Mandiri  | X  |
| Bernalar Kritis  | X  |
| Kreatif  | X  |
| <b>D. Sarana Prasarana</b>   |  |
| Laptop, HP, Jaringan Internet, LCD Proyektor, LKPD, Papan Tulis, Spidol, Buku Guru, Buku Peserta Didik, dan alat-alat lingkungan |  |
| <b>E. Target Peserta Didik</b>   |  |

|  |
|--|
| Peserta didik regular dengan minat memahami aplikasi matematika pada isu-isu lingkungan  |
| <b>F. Jumlah Peserta Didik</b>   |
| 36 Peserta Didik per kelas   |
| <b>G. Moda Pembelajaran</b>  |
| Tatap muka/luring  |
| <b>H. Metode, Model, dan Pendekatan Pembelajaran</b>   |
| <p>Metode Pembelajaran : ceramah, tanya jawab dan diskusi kelompok<br/> Model Pembelajaran : Discovery Learning<br/> Pendekatan : Student Center<br/> Tahapan/Sintak Discovery Learning :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Stimulation</li> <li>b) Problem Statement</li> <li>c) Data Collection</li> <li>d) Data Processing</li> <li>e) Verification</li> <li>f) Generalization</li> </ol>   |
| <b>II. KOMPONEN INTI</b>   |
| <b>Capaian Pembelajaran (CP)</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peserta didik dapat memahami dan menerapkan perbandingan trigonometri pada segitiga siku-siku untuk memecahkan masalah yang berkaitan dengan isu-isu lingkungan di Kota Pekalongan, seperti banjir-rob, abrasi pantai, dan penurunan tanah, dengan memanfaatkan teknologi.</li> <li>• Peserta didik mampu mengukur dan menghitung sudut kemiringan, jarak, dan tinggi menggunakan konsep sinus, cosinus, dan tangen, serta teknologi berbasis perangkat lunak geometri digital dan aplikasi peta interaktif. Mereka juga dapat menganalisis data lingkungan dengan menggunakan perangkat lunak pemodelan dan simulasi matematika untuk memprediksi dampak perubahan lingkungan, seperti kenaikan air laut atau pengikisan garis pantai.</li> <li>• Peserta didik mampu menginterpretasikan dan memvisualisasikan data yang diperoleh dari teknologi penginderaan jarak jauh, seperti drone atau citra satelit, untuk mengukur dampak lingkungan di Kota Pekalongan. Mereka dapat menggunakan data ini dalam analisis trigonometri untuk menentukan solusi terbaik dalam mitigasi bencana alam terkait.</li> <li>• Peserta didik juga dapat menggunakan diagram pencar dan alat statistika berbasis teknologi untuk menyelidiki hubungan antara variabel-variabel lingkungan, seperti curah hujan dan tingkat banjir, serta mengevaluasi hasil perhitungan trigonometri dalam</li> </ul> |



laporan berbasis data digital. Dengan integrasi teknologi, mereka dapat menghitung peluang terjadinya banjir rob atau abrasi pantai dalam periode waktu tertentu.

### **Tujuan Pembelajaran**

Melalui model pembelajaran Discovery Learning, peserta didik dapat:

1. Mengidentifikasi dan menemukan konsep perbandingan trigonometri pada segitiga siku-siku dengan aplikasi pada isu lingkungan.
2. Menentukan perbandingan trigonometri pada segitiga siku-siku dalam konteks permasalahan lingkungan di Kota Pekalongan.
3. Memecahkan masalah lingkungan di Kota Pekalongan menggunakan perbandingan trigonometri.

### **Pemahaman Bermakna**

Peserta didik dapat memahami hubungan sudut dan sisi segitiga siku-siku serta menggunakan perbandingan trigonometri untuk menganalisis masalah lingkungan

### **Pertanyaan Pemantik**

1. Bagaimana kita dapat menggunakan konsep perbandingan trigonometri untuk menghitung tinggi air banjir rob di Kota Pekalongan dengan bantuan alat pengukur digital atau drone?
2. Bagaimana trigonometri dapat membantu kita menghitung jarak aman dari garis pantai yang terancam abrasi dengan menggunakan aplikasi peta interaktif atau teknologi GPS?
3. Dalam kasus penurunan tanah di suatu wilayah, bagaimana kita bisa menghitung sudut kemiringan yang tepat untuk membangun tanggul penahan tanah dengan menggunakan perangkat lunak geometri digital?
4. Bagaimana aplikasi teknologi penginderaan jarak jauh, seperti drone atau satelit, dapat digunakan untuk mengukur perubahan garis pantai akibat abrasi dan memproyeksikan dampaknya dengan menggunakan konsep perbandingan trigonometri?

### **Urutan Materi Pembelajaran**

#### 1. Pengantar Trigonometri dan Isu Lingkungan:

- Pengenalan dasar konsep trigonometri (sinus, cosinus, tangen) pada segitiga siku-siku.
- Pengenalan isu lingkungan di Kota Pekalongan (banjir-rob, abrasi pantai, penurunan tanah).
- Diskusi tentang bagaimana trigonometri dapat diterapkan untuk menyelesaikan masalah lingkungan.

#### 2. Penerapan Perbandingan Trigonometri:

Sinus, cosinus, tangen: Menghitung perbandingan antara sudut dan sisi pada segitiga siku-siku. Contoh perhitungan trigonometri pada kasus lingkungan: menghitung tinggi air banjir, jarak garis pantai yang terabrasi, kemiringan tanggul di daerah terdampak penurunan tanah.

3. Integrasi Teknologi dalam Pengukuran Lingkungan:

Penggunaan perangkat teknologi (drone, GPS, dan aplikasi peta interaktif) untuk melakukan pengukuran sudut dan jarak. Contoh penggunaan teknologi untuk mengukur tinggi banjir atau jarak abrasi pantai menggunakan drone atau aplikasi pengukur digital.

4. Aplikasi Perbandingan Trigonometri dalam Pemecahan Masalah Lingkungan:

Studi kasus: Menghitung jarak aman dari garis pantai menggunakan perbandingan trigonometri. Penggunaan perangkat lunak atau aplikasi geometri digital untuk memecahkan masalah nyata di lingkungan Pekalongan.

5. Interpretasi Data Berbasis Teknologi:

- Menginterpretasi data dari citra satelit atau drone untuk menganalisis perubahan garis pantai atau tinggi air.
- Membandingkan data hasil perhitungan trigonometri dengan data lingkungan yang diukur menggunakan teknologi.

### Persiapan Pembelajaran

1. Persiapan Materi dan Media Pembelajaran:

a. Materi Pembelajaran:

- Menyiapkan materi tentang perbandingan trigonometri (sinus, cosinus, tangen) pada segitiga siku-siku.
- Menyiapkan contoh soal yang berkaitan dengan isu lingkungan, seperti menghitung tinggi air banjir rob atau sudut kemiringan tanggul di Kota Pekalongan.
- Menyiapkan materi tentang teknologi yang akan digunakan, seperti penggunaan drone, aplikasi peta interaktif, atau GPS.

b. Media dan Alat Pembelajaran:

- Menyiapkan presentasi (PowerPoint) untuk menjelaskan konsep dasar perbandingan trigonometri dan aplikasi dalam lingkungan.
- Menyiapkan video atau simulasi yang menunjukkan penggunaan teknologi, seperti drone, dalam pengukuran lingkungan.
- Menyiapkan perangkat lunak atau aplikasi geometri digital (seperti GeoGebra) untuk simulasi pengukuran.

2. Membuat Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD):

a. Lembar Kerja yang berisi soal kontekstual terkait isu lingkungan dan perbandingan trigonometri, misalnya:

- Menghitung tinggi banjir rob di suatu area.
- Mengukur sudut kemiringan tanggul menggunakan data lingkungan.

b. LKPD juga mencakup soal pemecahan masalah berbasis teknologi, seperti mengolah data dari aplikasi geometri digital.

3. Membuat Kelompok Diskusi:

- Pembentukan Kelompok: Membagi siswa menjadi beberapa kelompok heterogen, masing-masing terdiri dari 4-5 orang.
  - Tugas Kelompok: Setiap kelompok akan menyelesaikan permasalahan lingkungan dengan menggunakan perbandingan trigonometri dan alat teknologi yang diberikan.
4. Pengaturan Kelas:
- Memastikan ruang kelas siap dengan LCD proyektor dan akses internet untuk menampilkan video atau menggunakan aplikasi teknologi.
  - Menyiapkan perangkat digital (seperti laptop atau tablet) yang akan digunakan oleh peserta didik dalam simulasi atau pencarian informasi terkait pengukuran trigonometri.
5. Pembuatan Apersepsi dan Motivasi:
- Menyiapkan pertanyaan pemantik atau permasalahan kontekstual yang relevan dengan kehidupan sehari-hari peserta didik, seperti bagaimana trigonometri dapat membantu dalam mengatasi banjir rob atau abrasi pantai.
  - Membuat video motivasi atau tayangan singkat yang menunjukkan dampak nyata isu lingkungan di Kota Pekalongan, serta bagaimana teknologi dapat membantu mengatasi permasalahan tersebut.
6. Persiapan Evaluasi dan Penilaian:
- Menyiapkan instrumen evaluasi (post-test) yang menilai kemampuan siswa dalam memahami konsep perbandingan trigonometri dan aplikasinya pada masalah lingkungan.
  - Membuat rubrik penilaian untuk menilai partisipasi siswa dalam diskusi kelompok, serta keterampilan mereka dalam menggunakan teknologi untuk memecahkan masalah lingkungan.

### III. KEGIATAN PEMBELAJARAN

#### A. KEGIATAN PENDAHULUAN (15 menit)

1. Guru membuka dengan salam, doa, dan pengecekan kondisi kelas (memastikan kebersihan dan sampah terbuang pada tempatnya, mengajak hemat energi).
2. Guru memberikan contoh permasalahan lingkungan di Pekalongan, seperti banjir rob dan abrasi pantai.
3. Guru memotivasi siswa dengan menyajikan video pendek tentang dampak lingkungan di Pekalongan dan bagaimana matematika, khususnya trigonometri, dapat membantu dalam perencanaan mitigasi.

#### B. KEGIATAN INTI (60 menit)

| Tahapan Pembelajaran    | Kegiatan Guru                                | Kegiatan Siswa  |
|-------------------------|--|---|
| Stimulation (Stimulasi) | Guru memaparkan isu lingkungan yang relevan, | Siswa menyimak penjelasan guru tentang isu lingkungan |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | seperti banjir rob dan abrasi pantai di Kota Pekalongan   |  |
|  | Menayangkan video tentang aplikasi trigonometri dan teknologi dalam mengatasi masalah lingkungan  | Siswa menonton video dan berdiskusi mengenai aplikasinya dalam konteks nyata   |
|  | Mengajukan pertanyaan pemantik, seperti " <i>Bagaimana perbandingan trigonometri bisa membantu menghitung tinggi banjir rob?</i> "  | Siswa menjawab pertanyaan pemantik dan memberikan pendapat   |
| Problem Statement (Identifikasi Masalah) | Guru membagikan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang berisi contoh masalah lingkungan terkait banjir rob, abrasi pantai, atau penurunan tanah                               | Siswa membaca dan memahami masalah dari LKPD   |
|  | Guru memandu siswa untuk merumuskan masalah yang akan dipecahkan menggunakan trigonometri   | Siswa mendiskusikan masalah di dalam kelompoknya dan merumuskan solusi awal  |
| Data Collection (Pengumpulan Data)       | Guru menyediakan perangkat teknologi (seperti aplikasi geometri digital atau peta interaktif) yang akan digunakan siswa   | Siswa menggunakan aplikasi teknologi untuk mengumpulkan data terkait masalah yang diberikan (misalnya tinggi air banjir, sudut kemiringan, atau jarak abrasi pantai) |
|  | Guru membantu siswa dalam mencari dan mengumpulkan data dari sumber yang tersedia terkait masalah lingkungan yang diberikan   | Siswa mencatat data yang relevan   |
| Data Processing (Pengolahan Data)        | Guru membimbing siswa dalam menggunakan konsep perbandingan trigonometri (sinus, cosinus, tangen) untuk menghitung dan menyelesaikan masalah dari data yang telah dikumpulkan | Siswa dalam kelompok mengolah data yang diperoleh dengan menggunakan perbandingan trigonometri untuk menghitung sudut atau jarak yang diperlukan                     |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | Guru memberikan bimbingan dalam menggunakan aplikasi teknologi jika diperlukan   | Siswa mendiskusikan hasil perhitungan dalam kelompok   |
| Verification (Verifikasi)  | Guru meminta perwakilan dari setiap kelompok untuk mempresentasikan hasil diskusi dan perhitungan mereka   | Setiap kelompok mempresentasikan hasil kerja mereka  |
|  | Guru memberikan umpan balik terhadap hasil yang disajikan oleh kelompok, serta mengoreksi jika terdapat kesalahan  | Siswa memberikan tanggapan dan diskusi terhadap presentasi kelompok lain<br><br>Siswa menerima umpan balik dan perbaikan dari guru   |
| Generalization (Generalisasi)  | Guru mengarahkan siswa untuk membuat kesimpulan tentang pentingnya penggunaan perbandingan trigonometri dalam menyelesaikan masalah lingkungan serta bagaimana teknologi mendukung proses tersebut | Siswa menyimpulkan hasil pembelajaran mereka mengenai penerapan trigonometri dalam konteks masalah lingkungan nyata.<br><br>Siswa menyadari pentingnya teknologi dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis data |
| <b>C. KEGIATAN PENUTUP (15 menit)</b>  |  |  |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Guru memberikan soal posttest tentang aplikasi perbandingan trigonometri pada masalah lingkungan.</li> <li>2. Guru mengajak siswa merefleksikan pelajaran dan mengidentifikasi manfaatnya dalam kehidupan sehari-hari, khususnya dalam konteks isu lingkungan.</li> <li>3. Guru menutup pembelajaran dengan doa dan salam</li> </ol> |  |  |
| <b>IV. ASESMEN</b>   |  |  |
| <b>A. Asesmen Formatif</b>   |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• LKPD</li> <li>• Post Test</li> <li>• Penilaian Keterampilan</li> </ul>  |  |  |
| <b>B. Pengayaan</b>  |  |  |
| Peserta didik yang sudah mencapai nilai tuntas dapat mengerjakan soal tambahan terkait sudut-sudut istimewa dalam konteks lingkungan   |  |  |

### **Refleksi Guru**

1. Apakah tujuan pembelajaran yang telah direncanakan tercapai dengan baik?
2. Bagaimana tingkat pemahaman siswa dalam menerapkan konsep perbandingan trigonometri pada segitiga siku-siku dalam konteks masalah lingkungan?
3. Apakah siswa dapat menggunakan teknologi seperti aplikasi peta interaktif, geometri digital, atau drone untuk membantu menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan isu lingkungan?
4. Seberapa aktif keterlibatan siswa dalam diskusi kelompok selama proses pembelajaran berlangsung?
5. Apakah siswa menunjukkan minat dan motivasi dalam memecahkan masalah lingkungan menggunakan perbandingan trigonometri?
6. Apa saja kesulitan yang dihadapi oleh siswa saat memahami konsep perbandingan trigonometri dalam konteks permasalahan lingkungan?
7. Apakah siswa mengalami kesulitan dalam menggunakan teknologi yang disediakan selama pembelajaran?
8. Bagaimana strategi atau bantuan tambahan yang perlu diberikan untuk membantu siswa mengatasi kesulitan tersebut?
9. Apakah pembelajaran yang dilaksanakan sudah sesuai dengan rencana yang telah disusun?
10. Apakah alokasi waktu untuk setiap tahap pembelajaran cukup atau perlu diperbaiki?
11. Apakah metode Discovery Learning yang digunakan efektif dalam membantu siswa mencapai tujuan pembelajaran?
12. Apa saja yang sudah berjalan dengan baik selama pembelajaran, khususnya dalam penggunaan teknologi untuk membantu pemahaman siswa?
13. Apakah penerapan isu lingkungan berhasil membuat pembelajaran lebih relevan dan menarik bagi siswa?
14. Apa yang perlu diperbaiki atau disederhanakan dalam pembelajaran berikutnya agar lebih mudah dipahami oleh seluruh siswa?

### **Refleksi Siswa**

1. Apa materi utama yang kamu pelajari hari ini?
2. Apakah kamu sudah memahami konsep perbandingan trigonometri dengan baik?
3. Bagaimana penerapan trigonometri dalam menyelesaikan masalah lingkungan seperti banjir rob atau abrasi pantai?
4. Apakah penggunaan teknologi (seperti aplikasi geometri digital atau peta interaktif) membantu kamu dalam memecahkan masalah?
5. Apa bagian paling menarik dari pembelajaran hari ini terkait penggunaan teknologi dan isu lingkungan?
6. Apakah kamu mengalami kesulitan dalam menggunakan teknologi atau memahami konsep trigonometri? Jika ya, apa yang paling sulit?

7. Bagaimana kerjasama kelompokmu dalam menyelesaikan masalah? Apakah kamu merasa sudah berkontribusi dengan baik?
8. Apa manfaat yang kamu dapatkan dari pembelajaran trigonometri dalam konteks lingkungan?
9. Apakah kamu merasa materi ini relevan dengan kehidupan sehari-hari, terutama terkait isu lingkungan di sekitar kita?
10. Apa yang bisa kamu lakukan untuk lebih memahami materi ini dan meningkatkan hasil belajarmu?

**Pekalongan,**

**Kepala SMAN 4 Pekalongan**

**Guru Mata Pelajaran,**

**ENY KHUSNUL HARTATI, S.Pd.,M.Pd.  
NIP. 19700518 199702 2 001**

**RUMALAH, S.Pd.  
NIP. 19930623 201902 2 009**

Lampiran 07: Contoh LKPD terintegrasi isu-isu lingkungan

**LEMBAR KEGIATAN PESERTA DIDIK (LKPD)**  
**SMAN 4 KOTA PEKALONGAN (Pilot Project)**

TIRVI



**MATEMATIKA SMA KELAS X : TRIGONOMETRI**

**PENGANTAR**





Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas selesainya penyusunan Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD) dengan judul "Perbandingan Trigonometri pada Segitiga Siku-Siku Terintegrasi Isu-isu Lingkungan Berbasis Teknologi di Kota Pekalongan."

LKPD ini dirancang untuk membantu peserta didik memahami konsep perbandingan trigonometri melalui penerapan langsung dalam konteks kehidupan nyata, khususnya terkait dengan isu-isu lingkungan yang dihadapi oleh Kota Pekalongan, seperti banjir rob, abrasi pantai, dan penurunan tanah. Melalui integrasi teknologi, seperti penggunaan drone, aplikasi peta digital, dan pemodelan, diharapkan peserta didik tidak hanya memahami teori matematika, tetapi juga mampu memecahkan masalah lingkungan menggunakan pendekatan ilmiah yang berbasis teknologi.

Penggunaan LKPD ini diharapkan dapat mendukung pembelajaran yang aktif dan bermakna, di mana peserta didik tidak hanya sekadar mempelajari teori trigonometri, tetapi juga melihat bagaimana konsep tersebut diterapkan untuk mengatasi tantangan nyata di masyarakat. LKPD ini disusun dengan model pembelajaran yang interaktif dan kolaboratif, sehingga peserta didik dapat berpikir kritis dan kreatif dalam menyelesaikan masalah.

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada semua pihak yang telah mendukung penyusunan LKPD ini, baik dari segi materi maupun bimbingan. Kami menyadari bahwa LKPD ini masih memiliki keterbatasan, oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan untuk penyempurnaan LKPD ini di masa yang akan datang.

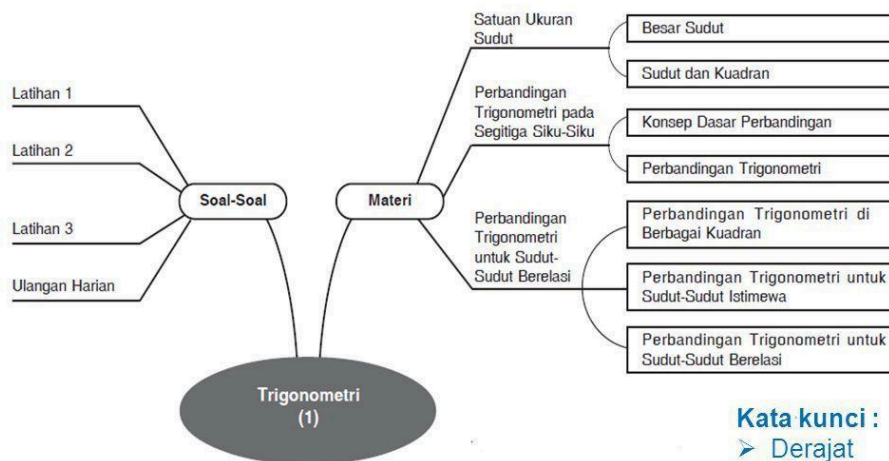
Akhir kata, semoga LKPD ini dapat bermanfaat bagi peserta didik dan dapat digunakan sebagai sarana untuk meningkatkan pemahaman mereka terhadap materi trigonometri, serta meningkatkan kepedulian mereka terhadap isu-isu lingkungan di Kota Pekalongan.

Pekalongan, 16 Agustus 2024

**Penyusun**

## **PETA KONSEP**

## PETA KONSEP



### Kata kunci :

- Derajat
- Radian

## TAHUKAH KAMU?

Tokoh Islam yang terkenal sebagai penemu dan pengembang trigonometri adalah **Abu al-Wafa' al-Buzjani** (940–998 M). Beliau adalah seorang matematikawan dan astronom dari Persia yang berkontribusi besar dalam pengembangan trigonometri, khususnya dalam bentuk modern yang kita kenal sekarang.

Beberapa pencapaian penting Abu al-Wafa' dalam trigonometri adalah:

1. Memperkenalkan fungsi trigonometri baru, seperti sinus, kosinus, dan tangen.
2. Menyusun tabel trigonometri yang sangat akurat, yang digunakan untuk perhitungan astronomi.
3. Mengembangkan metode perhitungan sinus dan tangen untuk sudut-sudut tertentu, yang kemudian digunakan dalam berbagai aplikasi ilmiah dan teknik.

Selain itu, kontribusi Abu al-Wafa' dalam pengembangan teorema sinus dalam segitiga juga menjadi dasar penting dalam trigonometri modern. Pemikiran dan karya-karyanya menjadi fondasi bagi ilmuwan-ilmuwan selanjutnya di Eropa dan dunia Islam.



# PETUNJUK PENGGUNAAN LEMBAR KEGIATAN PESERTA DIDIK (LKPD)



## Petunjuk untuk Guru

### 1. Pembagian LKPD

- Bagikan LKPD ini kepada peserta didik sebelum memulai kegiatan pembelajaran.
- Pastikan setiap peserta didik memiliki akses ke LKPD dan memahami bagaimana cara menggunakannya

### 2. Penggunaan LKPD dalam Pembelajaran

- LKPD ini dirancang untuk mendukung pembelajaran berbasis kegiatan. Gunakan LKPD secara berurutan sesuai dengan struktur yang ada, mulai dari kegiatan pertama hingga latihan-latihan yang menyertainya.
- Jelaskan terlebih dahulu materi singkat yang ada di setiap bagian kegiatan sebelum siswa mengerjakan latihan

### 3. Pembimbingan Siswa

- Selama siswa bekerja dengan LKPD, guru diharapkan memberikan bimbingan dan memfasilitasi diskusi kelompok atau individu.
- Jika siswa mengalami kesulitan, berikan penjelasan tambahan agar mereka memahami konsep yang diajarkan

### 4. Penilaian dan Evaluasi

- Gunakan rubrik penilaian yang disediakan di akhir LKPD untuk mengevaluasi hasil kerja peserta didik.
- Berikan umpan balik kepada siswa setelah mereka menyelesaikan seluruh kegiatan dan latihan

## Petunjuk untuk Siswa

### 1. Persiapan

- Bacalah setiap bagian LKPD dengan cermat sebelum memulai tugas atau latihan.
- Pastikan Anda memahami materi singkat yang disediakan di setiap kegiatan

### 2. Langkah-langkah Pengerjaan

- Kerjakan kegiatan-kegiatan yang ada dalam LKPD secara berurutan, mulai dari Kegiatan 1.1 sampai kegiatan selanjutnya.
- Gunakan alat tulis dan kalkulator jika diperlukan untuk membantu perhitungan, khususnya dalam kegiatan trigonometri.

- Jika mengalami kesulitan, diskusikan dengan teman sekelompok atau tanyakan kepada guru untuk klarifikasi

**3. Pengerjaan Latihan**

- Setelah mempelajari materi, Anda akan menemukan latihan di setiap akhir kegiatan. Kerjakan latihan dengan teliti untuk memastikan pemahaman Anda terhadap materi.
- Setiap jawaban harus dikerjakan di lembar jawaban yang disediakan atau di buku latihan yang diminta oleh guru

**4. Diskusi dan Kerjasama**

- Jika diminta, bekerjasamalah dalam kelompok untuk menyelesaikan tugas-tugas diskusi.
- Pastikan semua anggota kelompok berpartisipasi secara aktif dan memahami konsep yang sedang dipelajari

**5. Refleksi:**

Setelah menyelesaikan latihan, lakukan refleksi pribadi terhadap apa yang telah Anda pelajari. Tuliskan kesimpulan atau hal-hal yang belum dipahami pada bagian refleksi yang disediakan

**6. Pengumpulan**

- Serahkan hasil kerja Anda kepada guru sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan.
- Pastikan semua jawaban sudah lengkap dan sesuai dengan instruksi yang diberikan dalam LKPD

## Kegiatan 1.1 Menentukan Ukuran Sudut

### 1. Ukuran Derajat

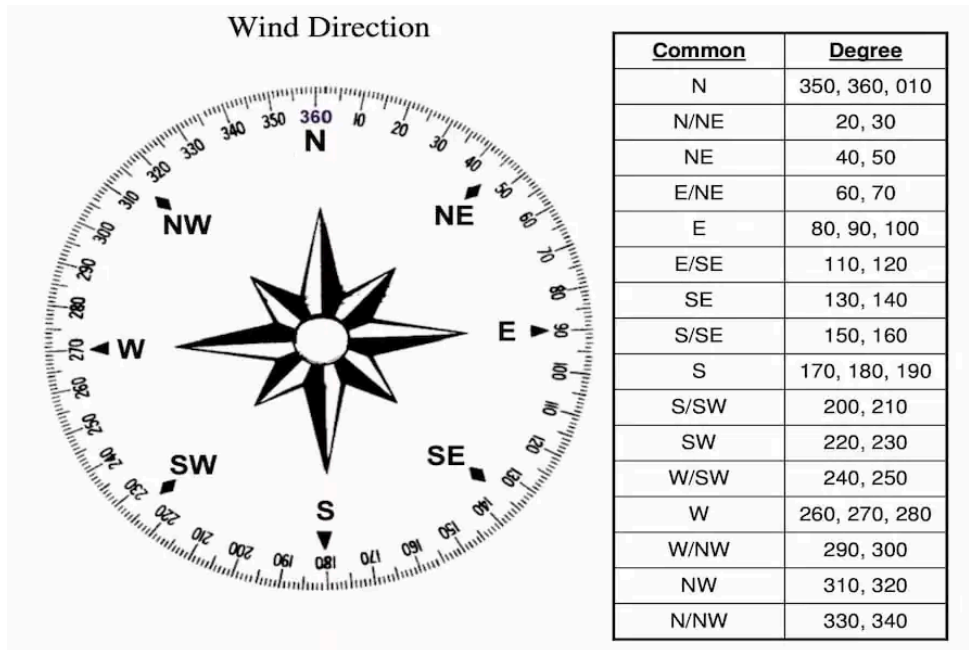
Sudut dinyatakan dalam satuan derajat ( $^{\circ}$ ), yang merupakan metode yang paling umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Dalam satu lingkaran penuh terdapat 360 derajat. Setiap derajat dapat dibagi menjadi 60 menit ( $'$ ), dan setiap menit bisa dibagi lagi menjadi 60 detik ( $''$ ). Oleh karena itu, ukuran sudut dalam derajat dapat ditulis sebagai:

$$1^{\circ} = 60' \text{ (menit)}$$

$$1' = 60'' \text{ (detik)}$$

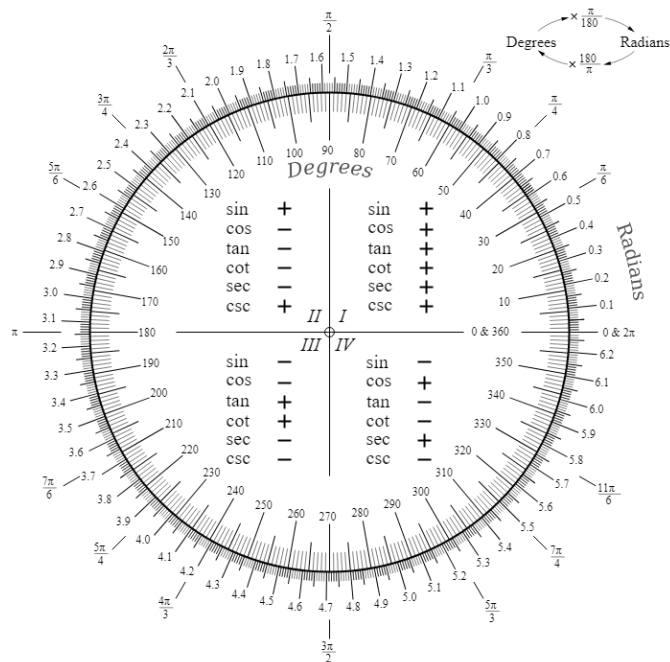


Contoh: Jika sebuah sudut diukur sebesar  $45^{\circ}$ , maka berarti sudut tersebut adalah 45 derajat dari 360 derajat satu lingkaran penuh.



## 2. Ukuran Radian

Ukuran sudut juga bisa dinyatakan dalam satuan radian (rad). Radian adalah ukuran sudut berdasarkan panjang busur lingkaran yang terbentuk oleh sudut tersebut. Satu radian didefinisikan sebagai sudut yang terbentuk ketika panjang busur sama dengan jari-jari lingkaran.



Dalam satu lingkaran penuh terdapat  $2\pi$  radian. Oleh karena itu, hubungan antara panjang busur dan sudut dalam radian diberikan oleh rumus:

$$\theta = \frac{s}{r}$$

di mana:

- $\theta$  = sudut dalam radian,
- $s$  = adalah panjang busur,
- $r$  = adalah jari-jari lingkaran.

### 3. Hubungan Derajat dan Radian

Derajat dan radian dapat dikonversikan satu sama lain. Karena satu lingkaran penuh adalah  $360^\circ$  dan juga  $2\pi$  radian, maka terdapat hubungan konversi antara derajat dan radian:

$$360^\circ = 2\pi \text{ radian}$$

Dari hubungan ini, kita dapat memperoleh rumus untuk mengkonversi derajat ke radian dan sebaliknya:

- a. Dari derajat ke radian:

$$\theta(\text{radian}) = \theta^0 \times \frac{\pi}{180}$$

b. Dari radian ke derajat:

$$\theta^0 = \theta(\text{radian}) \times \frac{180}{\pi}$$

Contoh: Untuk mengubah  $180^\circ$  menjadi radian, kita dapat menggunakan rumus:

$$180^0 \times \frac{\pi}{180} = \pi \text{ radian}$$

Sebaliknya, untuk mengubah  $\frac{\pi}{2}$  radian menjadi derajat:

$$\frac{\pi}{2} \times \frac{180}{\pi} = 90^0$$

Dengan memahami ukuran derajat dan radian, serta hubungan konversinya, kita dapat mengukur dan mengonversi sudut dalam dua sistem pengukuran yang berbeda, yang penting dalam berbagai aplikasi matematika dan sains.

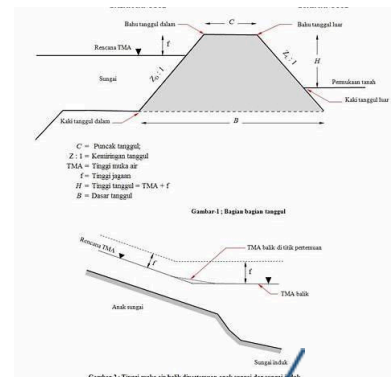
## Latihan

### Soal 1: Mengukur Sudut dalam Proyek Pengelolaan Banjir Rob di Kota Pekalongan

Pemerintah Kota Pekalongan merencanakan proyek pembangunan tanggul untuk mengatasi banjir rob yang sering terjadi di wilayah pesisir. Desain tanggul melibatkan sudut  $60^\circ$  di bagian kemiringan tanggul yang menghadap laut.

#### Pertanyaan:

1. Berapakah sudut  $60^\circ$  tersebut jika diubah ke dalam satuan radian? (Gunakan  $\pi \approx 3.14$ ).
2. Jika panjang busur yang terbentuk oleh tanggul tersebut adalah 30 meter dengan radius tanggul

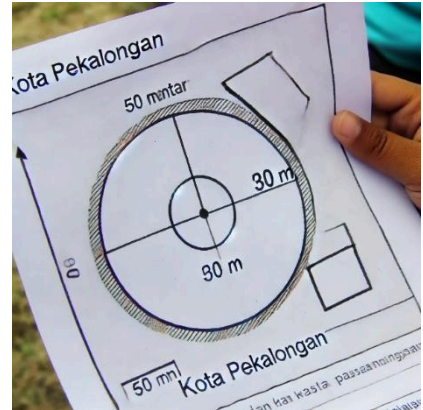




sebesar 20 meter, hitunglah besar sudut dalam radian yang terbentuk oleh busur tersebut.

**Soal 2: Pengelolaan Sampah dan Penggunaan Lahan di Kota Pekalongan**

Kota Pekalongan merencanakan pembangunan tempat pengolahan sampah yang membutuhkan lahan berbentuk sektor lingkaran dengan jari-jari 50 meter. Sudut yang dibutuhkan untuk sektor ini adalah  $90^\circ$ .



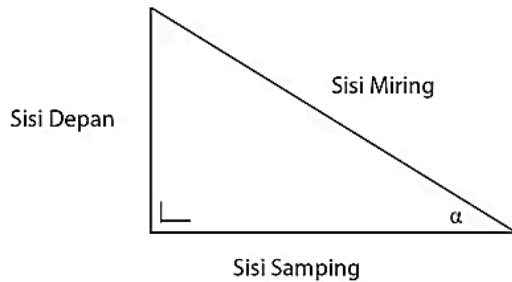
**Pertanyaan:**

1. Berapakah sudut  $90^\circ$  tersebut dalam radian?
2. Jika lahan sektor tersebut mencakup panjang busur 78.5 meter, hitung besar sudut dalam radian berdasarkan panjang busur tersebut dan bandingkan dengan hasil konversi sebelumnya.

**Kegiatan 1.2.**

**Perbandingan Trigonometri Pada Segitiga Siku-siku**

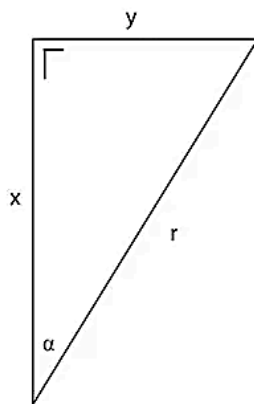
Trigonometri adalah cabang matematika yang mempelajari hubungan antara sudut dan sisi dalam sebuah segitiga. Salah satu penerapannya yang paling dasar adalah pada **segitiga siku-siku**, di mana terdapat tiga perbandingan trigonometri utama: **sine (sin)**, **cosine (cos)**, dan **tangent (tan)**. Perbandingan ini digunakan untuk menentukan ukuran sisi atau sudut suatu segitiga berdasarkan informasi yang tersedia. Pada segitiga siku-siku, nilai **sin** adalah perbandingan antara panjang sisi depan sudut dengan panjang sisi miring, **cos** adalah perbandingan antara panjang sisi samping sudut dengan panjang sisi miring, dan **tan** adalah perbandingan antara panjang sisi depan sudut dengan panjang sisi samping. Konsep ini sangat penting dalam banyak bidang, seperti teknik, arsitektur, dan fisika



$$\sin \alpha = \frac{\text{Sisi Depan}}{\text{Sisi Miring}}$$

$$\cos \alpha = \frac{\text{Sisi Samping}}{\text{Sisi Miring}}$$

$$\tan \alpha = \frac{\text{Sisi Depan}}{\text{Sisi Samping}}$$



$$\sin \alpha = \frac{y}{r}$$

$$\cos \alpha = \frac{x}{r}$$

$$\tan \alpha = \frac{y}{x}$$

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\operatorname{cosec} \alpha = \frac{1}{\sin \alpha}$$

$$\sec \alpha = \frac{1}{\cos \alpha}$$

$$\operatorname{cotan} \alpha = \frac{1}{\tan \alpha}$$

$$\operatorname{cotan} \alpha = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$$

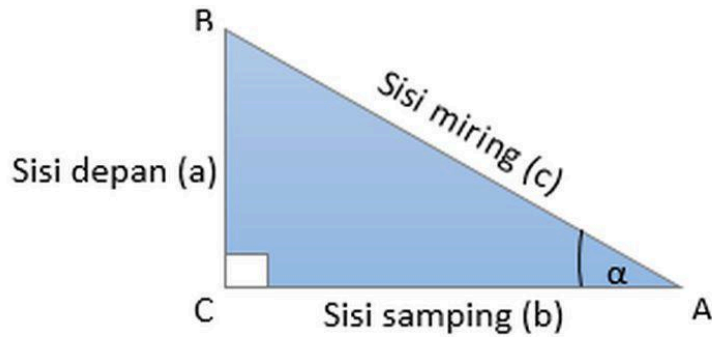
## 1. Panjang Sisi suatu segitiga

Materi ini membahas panjang sisi suatu segitiga, khususnya segitiga siku-siku, dan bagaimana konsep ini dapat diterapkan dalam memecahkan masalah-masalah nyata, seperti isu lingkungan di Kota Pekalongan. Dalam konteks ini, perhitungan panjang sisi segitiga dapat digunakan untuk mengukur perubahan lingkungan, seperti peningkatan air banjir rob dan abrasi pantai. Dengan menggunakan konsep matematika, kita dapat memberikan solusi yang lebih efektif dan akurat untuk masalah lingkungan.

### Konsep Panjang Sisi pada Segitiga Siku-Siku

Dalam segitiga siku-siku, terdapat 3 sisi utama

1. Sisi Miring (Hipotenusa): Sisi terpanjang yang berhadapan dengan sudut  $90^\circ$ .
2. Sisi Depan: Sisi yang berhadapan dengan sudut yang diukur selain sudut  $90^\circ$ .
3. Sisi Samping: Sisi yang berada di samping sudut yang diukur.



Untuk menghitung panjang salah satu sisi segitiga, kita dapat menggunakan Teorema Pythagoras atau perbandingan trigonometri (sin, cos, tan). Teorema Pythagoras menyatakan bahwa:

$$\text{sisi miring}^2 = \text{sisi depan}^2 + \text{sisi samping}^2$$

Sedangkan, perbandingan trigonometri membantu kita menentukan panjang sisi berdasarkan sudut yang diketahui:

**Sin θ:** Perbandingan antara sisi depan dan sisi miring.

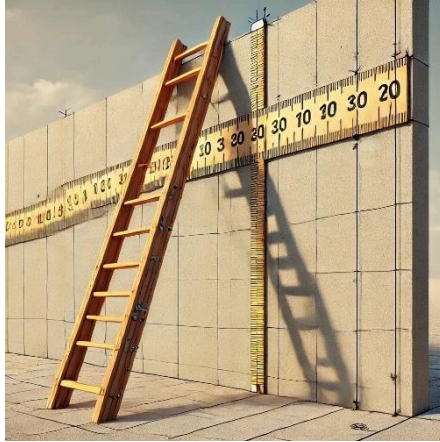
**Cos θ:** Perbandingan antara sisi samping dan sisi miring.

**Tan θ:** Perbandingan antara sisi depan dan sisi samping.

### Penerapan dalam Isu-isu Lingkungan di Kota Pekalongan

1. Menghitung Ketinggian Air Banjir Rob: Banjir rob adalah fenomena yang sering terjadi di Kota Pekalongan, di mana air laut meluap ke daratan saat

pasang. Untuk menghitung ketinggian air banjir rob, kita dapat menggunakan konsep panjang sisi segitiga.



Contoh Kasus:

Seorang petugas lapangan mengukur sudut kemiringan air rob menggunakan tangga yang disandarkan pada dinding. Sudut yang terbentuk antara tangga dan tanah adalah  $30^\circ$ , dan jarak horizontal dari tangga ke dinding adalah 10 meter. Untuk menghitung tinggi air banjir rob (sisi depan), kita bisa menggunakan perbandingan tangen:

$$\tan 30^\circ = \text{tinggi air} / 10$$

Dengan menghitung  $\tan 30^\circ$ , kita mendapatkan tinggi air banjir rob yang diperkirakan.

## 2. Mengukur Jarak yang Hilang Akibat Abrasi Pantai

Abrasi pantai adalah masalah lingkungan serius di Pekalongan, di mana bagian pantai terkikis akibat gelombang laut yang kuat. Untuk menghitung seberapa besar pantai yang terkikis, kita dapat memodelkan situasi ini dengan segitiga.



Contoh Kasus:

Jika sebuah drone mengukur sudut abrasi pantai sebesar  $40^\circ$  dengan jarak horizontal dari garis pantai awal ke titik abrasi sebesar 100 meter, kita bisa menggunakan perbandingan cosinus untuk menghitung panjang garis pantai yang hilang:

$$\cos 40^\circ = \text{panjang garis pantai yang tersisa} / 100$$

Dari perhitungan ini, kita bisa mengetahui berapa banyak garis pantai yang telah terkikis oleh abrasi.

## 3. Penurunan Tanah (Subsidence): Penurunan tanah di Pekalongan sering kali menjadi masalah besar, terutama di daerah pesisir. Penurunan tanah ini dapat dipetakan menggunakan konsep segitiga siku-siku.

### Contoh Kasus

Jika diketahui sudut penurunan tanah adalah  $15^\circ$  dan jarak horizontal dari titik pengukuran ke permukaan yang turun adalah 50 meter, kita bisa menghitung tinggi penurunan tanah (sisi depan) dengan perbandingan tangen:

$$\tan 15^\circ = \text{tinggi penurunan}/50$$

Dengan perhitungan ini, kita bisa menentukan seberapa besar penurunan tanah yang terjadi dan dampaknya terhadap infrastruktur di sekitar.



### Latihan 1.2.1

#### Konteks : Banjir Rob di Kota Pekalongan



**Situasi :** Kota Pekalongan sering mengalami **banjir rob** yang merendam pemukiman warga. Salah satu langkah mitigasi yang dilakukan adalah dengan mengukur ketinggian air banjir rob untuk membangun tanggul penahan. Seorang petugas menggunakan tangga yang disandarkan pada dinding untuk mengukur ketinggian air banjir tersebut. Sudut kemiringan tangga terhadap tanah adalah  $30^\circ$ , dan jarak dari ujung tangga ke dinding adalah 12 meter.

#### Pertanyaan:

**Berapakah ketinggian air banjir rob** yang diukur oleh petugas? Gunakan konsep perbandingan trigonometri pada segitiga siku-siku untuk menghitungnya.

#### Informasi yang Diberikan:

- Sudut kemiringan tangga:  $30^\circ$
- Jarak horizontal dari ujung tangga ke dinding: 12 meter

#### Langkah Penyelesaian:

1. Gunakan perbandingan **tan  $\theta$**  untuk menghitung tinggi air (sisi depan):  
 $\tan 30^\circ = \text{ketinggian air} / \text{jarak horizontal}$
2. Substitusi nilai  $\tan 30^\circ$  ( $\tan 30^\circ = 0.577$ ) dan jarak horizontal (12 meter) ke dalam rumus:  
 $0.577 = \text{ketinggian air} / 12$
3. Hitung ketinggian air: ketinggian air =  $0.577 \times 12 = 6.924$  meter

**Jawaban:**

Ketinggian air banjir rob yang diukur adalah sekitar **6.92 meter**.

**2. Perbandingan Trigonometri Untuk Sudut Istimewa**

Materi ini membahas **perbandingan trigonometri untuk sudut istimewa** yang terdiri dari sudut-sudut  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ , dan  $90^\circ$ . Memahami nilai-nilai trigonometri pada sudut-sudut ini sangat penting untuk memudahkan perhitungan dalam banyak bidang, termasuk dalam menyelesaikan masalah lingkungan seperti **banjir rob, penurunan tanah, dan abrasi pantai** di Kota Pekalongan. Dalam isu-isu lingkungan, pengukuran sudut kemiringan tanah, air, atau garis pantai menggunakan sudut istimewa bisa membantu dalam melakukan perhitungan tinggi air banjir, kemiringan tanah akibat penurunan tanah, atau panjang garis pantai yang hilang akibat abrasi.

**Perbandingan Trigonometri untuk Sudut Istimewa**

Nilai perbandingan trigonometri untuk sudut istimewa sangat penting dalam melakukan perhitungan cepat tanpa perlu menggunakan alat bantu hitung yang kompleks. Berikut adalah tabel perbandingan untuk sinus, cosinus, dan tangen dari sudut-sudut istimewa:

| Sudut ( $\theta$ ) | Sin ( $\theta$ )     | Cos ( $\theta$ )     | Tan ( $\theta$ )     |
|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| $0^\circ$          | 0                    | 1                    | 0                    |
| $30^\circ$         | $\frac{1}{2}$        | $\frac{\sqrt{3}}{2}$ | $\frac{1}{\sqrt{3}}$ |
| $45^\circ$         | $\frac{1}{\sqrt{2}}$ | $\frac{1}{\sqrt{2}}$ | 1                    |
| $60^\circ$         | $\frac{\sqrt{3}}{2}$ | $\frac{1}{2}$        | $\sqrt{3}$           |
| $90^\circ$         | 1                    | 0                    | Tidak terdefinisi    |

**Penerapan dalam Isu-isu Lingkungan di Kota Pekalongan**

1. **Menghitung Ketinggian Banjir Rob dengan Sudut  $30^\circ$ :** Saat terjadi banjir rob di Kota Pekalongan, petugas sering menggunakan sudut kemiringan istimewa seperti  $30^\circ$  untuk mengukur ketinggian air. Dengan menggunakan tangga yang disandarkan pada



dinding, perhitungan tinggi air dapat dilakukan dengan cepat.

**Contoh Kasus:**

Misalkan jarak horizontal antara tangga yang disandarkan dan dinding adalah 10 meter, dan sudut kemiringan tangga adalah  $30^\circ$ . Untuk menghitung ketinggian air banjir rob, kita menggunakan:

$\tan 30^\circ = \text{ketinggian/jarak horizontal}$

Dengan nilai  $\tan 30^\circ = \frac{1}{\sqrt{3}} \approx 0.577$ , maka  $0.577 = h/10$

Sehingga tinggi air adalah sekitar 5.77 meter.

**Latihan 1.2.2**

**Konteks : Abrasi Pantai di Kota Pekalongan**

**Situasi :**

Kota Pekalongan menghadapi masalah abrasi pantai, di mana air laut secara perlahan mengikis garis pantai, menyebabkan daratan semakin menyusut. Untuk mengukur jarak daratan yang hilang akibat abrasi, seorang petugas melakukan pengukuran menggunakan drone. Drone menunjukkan bahwa sudut kemiringan abrasi dari garis pantai awal ke titik abrasi adalah  $40^\circ$ , dan jarak horizontal dari garis pantai awal ke titik abrasi adalah 120 meter.



**Pertanyaan:**

Berapakah panjang garis pantai yang hilang akibat abrasi? Gunakan konsep trigonometri untuk menghitung panjang garis pantai yang terkikis.

**Informasi yang Diberikan**

- Sudut kemiringan abrasi:  $40^\circ$
- Jarak horizontal dari garis pantai awal ke titik abrasi: 120 meter

**3. Nilai Perbandingan Trigonometri di Berbagai Kuadran**

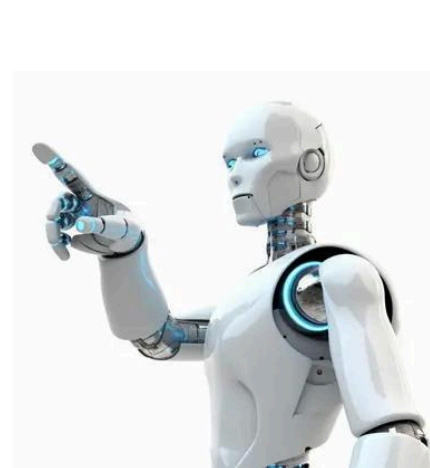
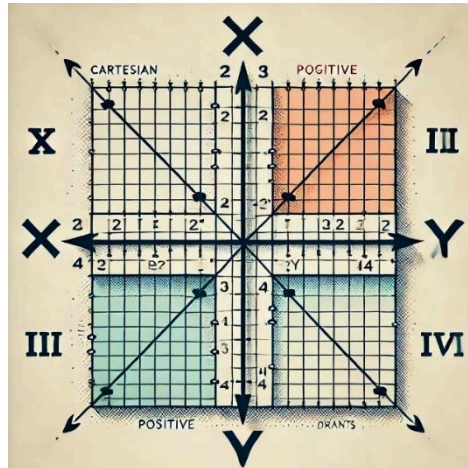
Materi ini membahas **nilai perbandingan trigonometri (sin, cos, tan)** pada sudut-sudut yang terletak di **empat kuadran** dalam bidang koordinat kartesius. Pemahaman tentang nilai perbandingan trigonometri di berbagai kuadran sangat berguna untuk menyelesaikan berbagai masalah trigonometri, khususnya dalam konteks pengukuran lingkungan, seperti **penurunan tanah, banjir rob, dan abrasi pantai** di Kota Pekalongan. Dalam kasus lingkungan, trigonometri dapat diterapkan pada pengukuran sudut kemiringan tanah, air banjir, dan panjang garis

pantai yang terkikis oleh abrasi. Menghitung nilai trigonometri di berbagai kuadran memungkinkan kita mengatasi masalah ini dengan lebih akurat.

### Pembagian Kuadran dan Nilai Trigonometri:

Bidang koordinat kartesius dibagi menjadi empat kuadran:

1. **Kuadran I:** Sudut antara  $0^\circ$  hingga  $90^\circ$ . Nilai sinus, cosinus, dan tangen semuanya **positif**.
2. **Kuadran II:** Sudut antara  $90^\circ$  hingga  $180^\circ$ . Nilai sinus **positif**, sedangkan cosinus dan tangen **negatif**.
3. **Kuadran III:** Sudut antara  $180^\circ$  hingga  $270^\circ$ . Nilai tangen **positif**, sementara sinus dan cosinus **negatif**.
4. **Kuadran IV:** Sudut antara  $270^\circ$  hingga  $360^\circ$ . Nilai cosinus **positif**, sedangkan sinus dan tangen **negatif**.



Tabel berikut merangkum tanda (+/-) untuk setiap nilai trigonometri pada masing-masing kuadran:

| Kuadran | Sinus | Cosinus | Tangen |
|---------|-------|---------|--------|
| I       | +     | +       | +      |
| II      | +     | -       | -      |
| III     | -     | -       | +      |
| IV      | -     | +       | -      |

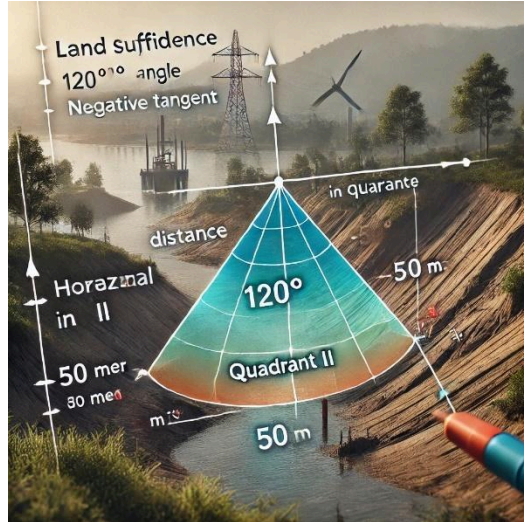
### Penerapan dalam Isu-isu Lingkungan di Kota Pekalongan

#### 1. Pengukuran Penurunan Tanah di Kuadran II dan III

Penurunan tanah (subsidence) adalah masalah yang sering terjadi di wilayah pesisir Kota Pekalongan. Misalkan sudut kemiringan tanah yang diukur berada di kuadran II (misalnya  $120^\circ$ ) atau kuadran III (misalnya  $210^\circ$ ). Nilai tangen sudut dalam kuadran ini penting untuk menghitung kemiringan tanah.



### Contoh Kasus



Jika penurunan tanah diukur dengan sudut  $120^\circ$  (Kuadran II) dan jarak horizontal 50 meter, kita bisa menghitung tinggi penurunan tanah menggunakan tangen. Dalam kuadran II, tangen bernilai negatif, sehingga hasil perhitungan akan menunjukkan arah penurunan tanah ke bawah.

$$\tan 120^\circ = -1.732$$

Sehingga, tinggi penurunan tanah

adalah:

$$H = \tan 120^\circ \times \text{jarak horizontal} = -1.732 \times 50 = -86.6 \text{ meter}$$

Penurunan ini menunjukkan adanya pergeseran tanah yang signifikan di daerah pesisir.

## 2. Menghitung Ketinggian Air Banjir Rob di Kuadran IV

Banjir rob sering terjadi di Kota Pekalongan. Dalam pengukuran menggunakan peralatan pemetaan atau tangga, sudut-sudut di Kuadran IV bisa dihadapi (misalnya sudut  $300^\circ$ ). Dengan menggunakan nilai tangen di kuadran IV, kita dapat menghitung ketinggian air.

### Contoh Kasus:



Jika sudut kemiringan air banjir yang diukur adalah  $300^\circ$  dan jarak horizontal dari titik pengukuran adalah 15 meter, maka kita dapat menghitung ketinggian air dengan menggunakan tangen.

$$\tan 300^\circ = -1.732$$

Sehingga, tinggi air banjir yang diukur adalah:

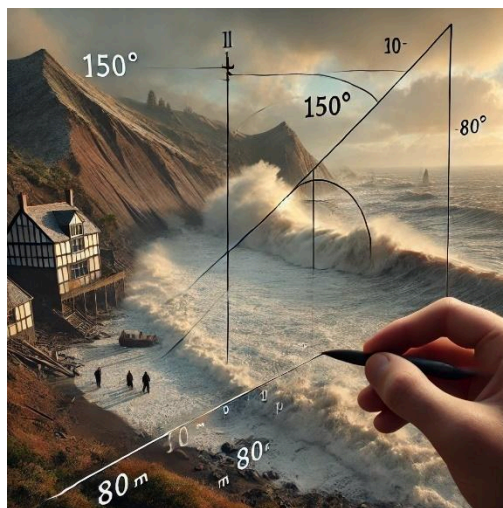
$$H = \tan 300^\circ \times 15 = -1.732 \times 15 = -25.98$$

Nilai negatif menunjukkan arah penurunan dari sudut tersebut, yang juga dapat diartikan sebagai tinggi air banjir yang turun atau melewati penghalang.

### 3. Abrasi Pantai pada Kuadran II

Abrasi pantai mengikis garis pantai secara bertahap, dan sudut kemiringan abrasi biasanya berada di Kuadran II. Penggunaan nilai sinus dan cosinus di kuadran ini membantu dalam menghitung berapa banyak garis pantai yang hilang.

#### Contoh Kasus



Jika sudut abrasi pantai adalah  $150^\circ$  (Kuadran II) dan jarak horizontal dari garis pantai yang hilang adalah 80 meter, kita dapat menggunakan nilai sinus dan cosinus dari sudut ini untuk menghitung panjang garis pantai yang tersisa.

$$\cos 150^\circ = -0.866$$

$$\sin 150^\circ = 0.5$$

Maka, panjang garis pantai yang hilang dapat dihitung menggunakan nilai cosinus atau sinus tergantung

pengukuran yang diinginkan.

### Latihan 1.2.3

#### Konteks

Kota Pekalongan sering mengalami banjir rob, yang menyebabkan genangan air di berbagai area permukiman. Salah satu cara untuk mengukur tinggi air banjir adalah dengan menggunakan tangga yang disandarkan pada dinding. Seorang petugas mengukur sudut kemiringan air banjir menggunakan tangga yang membentuk sudut  $45^\circ$  dengan tanah. Jarak horizontal dari ujung tangga ke dinding adalah 15 meter.

#### Pertanyaan



Berapakah ketinggian air banjir rob? Gunakan konsep trigonometri (tangen) untuk menghitung tinggi air berdasarkan data yang diberikan.

#### 4. Perbandingan trigonometri sudut-sudut berelasi

Dalam trigonometri, kita sering kali menemukan bahwa sudut yang berbeda bisa memiliki nilai perbandingan trigonometri yang sama atau berhubungan satu sama lain. Fenomena ini dikenal sebagai **perbandingan trigonometri pada sudut-sudut berelasi**. Sudut-sudut yang berelasi adalah sudut-sudut yang terletak pada kuadran yang berbeda namun memiliki keterkaitan dalam hal nilai sinus, cosinus, atau tangen, tergantung pada posisi sudut dalam bidang koordinat kartesius.

##### Definisi Sudut Berelasi

Sudut berelasi adalah sudut yang dapat direpresentasikan oleh sudut-sudut tertentu di kuadran yang berbeda, tetapi hasil perbandingan trigonometri mereka (sin, cos, tan) terkait satu sama lain. Beberapa sudut berelasi yang sering digunakan antara lain:

- Sudut-sudut yang **berdasarkan sudut istimewa** seperti  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ .
- Sudut-sudut yang **berada di kuadran yang berbeda** tetapi memiliki nilai absolut yang sama, dengan tanda positif atau negatif tergantung kuadrannya.

Sebagai contoh:

- Sudut  $120^\circ$  (di kuadran II) berelasi dengan sudut  $60^\circ$  (di kuadran I), dan nilai cosinusnya adalah sama, hanya berbeda tanda.
- Sudut  $210^\circ$  (di kuadran III) berelasi dengan sudut  $30^\circ$  (di kuadran I), dan nilai tangen mereka sama karena berada di kuadran dengan tangen positif.

##### Nilai Perbandingan Trigonometri Sudut Berelasi

- **Sinus** dari sudut-sudut yang berelasi di kuadran II dan I adalah sama, tetapi di kuadran III dan IV, nilai sinus berlawanan tanda.
- **Cosinus** berelasi antara kuadran I dan IV dengan tanda yang sama, sedangkan di kuadran II dan III, nilai cosinus adalah negatif.
- **Tangen** positif di kuadran I dan III, tetapi negatif di kuadran II dan IV.

Tabel berikut merangkum hubungan nilai trigonometri di kuadran berbeda

| Sudut                       | Sinus | Cosinus | Tangen |
|-----------------------------|-------|---------|--------|
| $0^\circ-90^\circ$ (I)      | +     | +       | +      |
| $90^\circ-180^\circ$ (II)   | +     | -       | -      |
| $180^\circ-270^\circ$ (III) | -     | -       | +      |
| $270^\circ-360^\circ$ (IV)  | -     | +       | -      |

### Contoh Sudut Berelasi

#### 1. Sinus $120^\circ$

Sudut  $120^\circ$  berelasi dengan  $60^\circ$  karena  $120^\circ = 180^\circ - 60^\circ$ .

$$\sin 120^\circ = \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

#### 2. Cosinus $150^\circ$

Sudut  $150^\circ$  berelasi dengan  $30^\circ$  karena  $150^\circ = 180^\circ - 30^\circ$ .

$$\cos 150^\circ = -\cos 30^\circ = -\frac{\sqrt{3}}{2}$$

#### 3. Tangen $210^\circ$

Sudut  $210^\circ$  berelasi dengan  $30^\circ$  karena  $210^\circ = 180^\circ + 30^\circ$ .

$$\tan 210^\circ = \tan 30^\circ = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

Dalam banyak kasus lingkungan atau pengukuran, kita menggunakan sudut-sudut berelasi untuk menghitung jarak, ketinggian, atau kemiringan di bidang-bidang yang berbeda. Misalnya, dalam pengukuran abrasi pantai atau penurunan tanah, kita sering bekerja dengan sudut-sudut di atas  $90^\circ$  yang berelasi dengan sudut di kuadran I untuk menyederhanakan perhitungan.

### Latihan 1.2.4

#### 1. Banjir Rob di Kota Pekalongan

**Situasi:** Kota Pekalongan sering mengalami banjir rob yang menyebabkan genangan air di berbagai wilayah. Seorang petugas mengukur ketinggian air banjir dengan menggunakan tangga yang disandarkan pada dinding. Tangga tersebut membentuk sudut  $30^\circ$  dengan tanah, dan jarak horizontal dari tangga ke dinding adalah 12 meter.



#### Pertanyaan

Berapakah ketinggian air banjir rob yang diukur? Gunakan konsep tangen dalam trigonometri untuk menghitung tinggi air.

#### Informasi Tambahan

- Sudut kemiringan tangga:  $30^\circ$
- Jarak horizontal dari tangga ke dinding: 12 meter

## 2. Penurunan Tanah di Kota Pekalongan

**Situasi:** Penurunan tanah di wilayah pesisir Kota Pekalongan semakin parah. Sebuah pengukuran dilakukan untuk mengetahui tinggi penurunan tanah. Drone mengukur sudut kemiringan tanah sebesar  $15^\circ$  dengan jarak horizontal 50 meter dari titik pengukuran.



### Pertanyaan:

Berapakah tinggi penurunan tanah yang terjadi? Gunakan perbandingan tangen untuk menghitung ketinggian penurunan tanah.

### Informasi Tambahan:

- Sudut kemiringan:  $15^\circ$
- Jarak horizontal dari titik pengukuran: 50 meter

## 3. Abrasi Pantai di Kota Pekalongan

**Situasi:** Abrasi pantai telah menyebabkan hilangnya sebagian daratan di pantai Kota Pekalongan. Drone mengukur sudut abrasi sebesar  $40^\circ$ , dan jarak horizontal dari garis pantai awal ke titik abrasi adalah 100 meter.

### Pertanyaan:

Berapakah panjang garis pantai yang hilang akibat abrasi? Gunakan konsep cosinus untuk menghitung panjang daratan yang hilang.

### Informasi Tambahan:

- Sudut abrasi:  $40^\circ$
- Jarak horizontal dari garis pantai awal ke titik abrasi: 100 meter



## DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, J. E., & Barnes, R. (2018). **Trigonometric applications in real-world environmental challenges.** *Journal of Applied Mathematics*, 45(3), 200-215. <https://doi.org/10.1007/s10898-018-0372-3>
- Putra, A. H., & Susanti, D. (2020). **Mitigating coastal erosion and land subsidence using trigonometric models: A case study in Pekalongan.** *Environmental Studies Review*, 12(2), 103-115. <https://doi.org/10.1177/0958305X20919263>
- Nuraini, I., & Pradipta, D. (2021). **Integration of mathematics and environmental education: Teaching trigonometry through flood management.** *International Journal of Educational Research*, 64(2), 67-79. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2021.10.002>
- Roberts, M. L. (2019). **Trigonometric functions in environmental problem-solving.** *Environmental Mathematics Journal*, 58(1), 90-100. <https://doi.org/10.1093/envmath/erz019>
- Suryani, L., & Wijaya, A. F. (2021). **Trigonometry in disaster risk reduction: Case studies of flood and coastal erosion in Indonesia.** *Journal of Environmental Science and Education*, 15(4), 234-245. <https://doi.org/10.1007/s10899-021-0476-4>