

Pengembangan Game Edukasi “Zafiros” sebagai Media Pembelajaran *Renewable Energy* bagi Siswa SD Kalam Kudus Pontianak

Julius Kayne^{1*}, Fredella Cornelia Chok², Clay Aiken³, Heylen Junila Saputry⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi, Institut Teknologi dan Bisnis Sabda Setia

*Julius.Kayne@itbss.ac.id

INFORMASI ARTIKEL	ABSTRAK
<p>Kata Kunci : Game Edukasi; Energi Terbarukan; Analisis SUS; Sekolah Dasar; Zafiros.</p>	<p>Pembelajaran sekolah dasar di Indonesia masih didominasi dengan pembelajaran berbasis <i>Teacher Centered Learning</i> (TCL) yang rendah antusiasme siswa/siswi dan membatasi ruang untuk berpartisipasi aktif dalam pembelajaran. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan Zafiros sebagai game edukasi berbasis <i>Learning by Doing</i> sebagai alternatif pembelajaran TCL yang lebih interaktif. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah model <i>System Development Life Cycle</i> (SDLC) <i>Waterfall</i>. Sebanyak 14 siswa/siswi Kelas 4 dan 5 SD Kalam Kudus Pontianak menjadi sampel untuk mendapatkan hasil pemahaman terkait energi terbarukan setelah bermain game edukasi Zafiros dan sebanyak 4 pengajar sebagai sampel untuk mengukur tingkat <i>usability</i> sistem menggunakan <i>System Usability Scale</i> (SUS). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tes pemahaman siswa terhadap materi energi terbarukan diperoleh rata-rata skor 66 dari 100 dan hasil SUS terhadap pengajar diperoleh rata-rata 62 yang dikategorikan “Ok”. Penelitian ini berkontribusi kepada pengajar sekolah dasar di Indonesia, khususnya pengajar di SD Kalam Kudus Pontianak melalui pengembangan game edukasi Zafiros agar dapat memberikan pemahaman terkait energi terbarukan menggunakan permainan interaktif berbasis <i>Learning by Doing</i>.</p>
<p>Keywords: <i>Educational Game;</i> <i>Renewable Energy;</i> <i>SUS Analysis;</i> <i>Elementary School;</i> <i>Zafiros.</i></p>	<p><i>Elementary school education in Indonesia is still dominated by Teacher-Centered Learning (TCL), which lowers student enthusiasm and limits opportunities for active participation in learning. The purpose of this study is to develop Zafiros as an educational game based on Learning by Doing as an alternative to TCL that is more interactive. The methodology used in this study is the Waterfall System Development Life Cycle (SDLC) model. A total of 14 students from grades 4 and 5 at SD Kalam Kudus Pontianak were selected as samples to assess their understanding of renewable energy after playing the Zafiros educational game, and four teachers were selected as samples to measure the system's usability using the System Usability Scale (SUS). The results of this study show that the average score for students' understanding of renewable energy material was 66 out of 100, and the average SUS score for teachers was 62, categorized as "Okay." This study contributes to elementary school teachers in Indonesia, particularly teachers at SD Kalam Kudus Pontianak, through the development of the Zafiros educational game to provide understanding of renewable energy using interactive games based on Learning by Doing.</i></p>

Submitted : 28 Oktober 2025

Revised : 03 November 2025

Accepted : 25 November 2025

Published : 18 Desember 2025

*Corresponding Author

Copyright ©2025 Technology, Business and Entrepreneurship (TECHBUS)

Published by LPPM Institut Teknologi dan Bisnis Sabda Setia, Pontianak, Kalimantan Barat, Indonesia.

1. PENDAHULUAN

Pembelajaran di tingkat sekolah dasar di Indonesia masih didominasi oleh pendekatan *Teacher Centered Learning* (TCL), di mana guru memegang kendali penuh dalam menyampaikan materi (Hutasoit, 2021). Dalam pendekatan ini, siswa cenderung bersikap pasif dan hanya menerima informasi tanpa keterlibatan aktif (Rozali et al., 2022). Rendahnya antusiasme siswa, terutama terhadap materi yang bersifat abstrak atau sulit dipahami tanpa praktik langsung, kerap menjadi konsekuensi dari minimnya partisipasi aktif dalam proses pembelajaran. Pendekatan

teacher-centered juga dinilai kurang mendukung pemahaman yang mendalam serta tidak memberikan keterkaitan nyata antara materi dan kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, hal ini membuka peluang bagi pendidik untuk mengeksplorasi strategi pembelajaran yang lebih berpusat pada siswa (*student-centered*) dan mendorong pengalaman belajar yang lebih kontekstual (Nisa et al., 2024).

Salah satu topik penting yang perlu dikenalkan sejak dulu karena memiliki keterkaitan erat dengan kehidupan sehari-hari adalah energi terbarukan (*renewable energy*) (Swandi et al., 2024). Energi terbarukan merupakan sumber energi yang dapat terbentuk dan pulih kembali secara alami dalam waktu relatif singkat melalui proses yang berkelanjutan (Alnavis et al., 2024). Materi ini sayangnya masih kurang mendapat perhatian di tingkat sekolah dasar dan cenderung sulit dipahami karena disampaikan secara teoritis tanpa adanya praktik langsung, yang sering kali memerlukan biaya lebih besar (Wakidah et al., 2022). Pembelajaran tentang energi terbarukan sangat penting mengingat perkembangan teknologi saat ini mendorong transisi menuju sumber energi yang lebih hemat, aman, dan ramah lingkungan. Untuk itu, dibutuhkan metode pembelajaran yang lebih interaktif dan aplikatif, karena metode tradisional tidak lagi memadai dalam mengakomodasi keragaman gaya belajar siswa dan tuntutan dunia nyata (Nugraha & Putri, 2024).

Terdapat penelitian yang telah dilakukan yang membahas penggunaan media game edukatif yang dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran (Annisa et al., 2022). Penelitian yang dilakukan oleh Kersánszki et al., 2023 menemukan bahwa permainan *Minecraft* dapat meningkatkan pemahaman dan motivasi siswa dalam mempelajari materi energi terbarukan. Sementara itu, terdapat penelitian yang dilakukan oleh Fitri et al., tahun 2023 menunjukkan bahwa permainan edukasi "Math Hero's Adventure" efektif dalam meningkatkan minat belajar matematika bagi siswa siswi kelas 4 sekolah dasar. Game edukasi dapat membantu siswa untuk belajar dari manapun dan kapanpun (Hamria & Hasmirati, 2022). Mufidah et al., 2022 juga melakukan penelitian pengembangan game edukasi materi sumber energi, mereka menemukan bahwa dengan game edukasi dapat membuat siswa lebih aktif dalam pembelajaran. Penelitian lain oleh Rakhmat et al., 2025 juga menunjukkan terjadinya peningkatan minat belajar melalui permainan edukasi yang interaktif dan menyenangkan. Penelitian dari Fuadah, 2023 menunjukkan bahwa dengan penggunaan game edukasi dapat meningkatkan hasil belajar siswa. Hasil dari penelitian yang sebelumnya menunjukkan potensi positif dari penggunaan permainan dalam pembelajaran, namun masih sedikit yang membahas mengenai energi terbarukan (Rakhmat et al., 2025).

Berdasarkan penelitian sebelumnya belum ada yang mengembangkan permainan edukasi mengenai energi terbarukan yang berbasis 3D (Fuadah, 2023). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan permainan edukasi tentang energi terbarukan yang diberi nama Zafiros. Zafiros adalah game edukasi yang menyediakan pembelajaran interaktif berbasis *Learning By Doing* (LBD). Zafiros memberikan pembelajaran terkait *Renewable Energy* melalui game 3D interaktif. Dengan melakukan pembelajaran menggunakan Zafiros, diharapkan siswa/siswi dapat belajar terkait energi terbarukan melalui permainan edukasi yang lebih interaktif.

2. KAJIAN TEORITIS

2.1. Game Edukasi

Game edukasi merupakan salah satu bentuk media pembelajaran interaktif yang dirancang untuk memberikan pengajaran dan menambah pengetahuan siswa melalui pengalaman bermain yang menyenangkan (Ma'ruf, 2021). Tidak seperti permainan biasa, game edukasi tidak berfokus pada tingkat kesulitan semata, melainkan juga pada aspek visual dan warna yang dapat mempengaruhi minat siswa. Menurut Faijah et al., 2022, game memiliki peran penting dalam perkembangan otak anak karena dapat meningkatkan konsentrasi serta kemampuan dalam menyelesaikan masalah secara akurat dan cepat.

Selain itu, game edukasi mampu memotivasi siswa untuk lebih memahami materi pembelajaran dan menumbuhkan minat belajar, terutama ketika diterapkan di dalam kelas (Windawati & Koeswanti, 2021). Guru dapat memanfaatkannya sebagai alternatif metode pembelajaran untuk menciptakan suasana belajar yang lebih bervariasi, tidak membosankan, dan menyenangkan (Sulistiyawati et al., 2021). Dengan perkembangan teknologi, media game kini tersedia dalam berbagai bentuk, mulai dari yang bersifat *offline* hingga *online* berbasis desktop maupun perangkat *mobile* seperti *Android* (Alba & Priandika, 2023). Dalam pengembangan game edukatif, penting untuk mempertimbangkan elemen-elemen desain game yang relevan dengan karakteristik siswa sekolah dasar, seperti rasa ingin tahu (*curiosity*), tantangan (*challenge*), imajinasi (*fantasy*), umpan balik (*feedback*), kontrol (*agency*), identitas karakter (*identity*), dan keterlibatan penuh pemain (*immersion*) (Nugroho & Ma'arif, 2022).

2.2. Energi Terbarukan

Energi terbarukan merupakan salah satu jenis sumber energi yang proses pembentukannya berlangsung secara alami dan berkelanjutan, sehingga ketersedianya melimpah dan tidak akan habis dalam waktu singkat contohnya meliputi energi matahari, angin, air, dan panas bumi (Irawati et al., 2021). Pentingnya mempelajari energi terbarukan terletak pada perannya dalam meningkatkan kualitas hidup manusia serta mendorong pergeseran gaya hidup menuju arah yang lebih sehat, berkelanjutan, dan modern (Roesdi et al., 2024).

Materi tentang energi terbarukan memerlukan pendekatan pembelajaran yang interaktif dan tidak hanya

bersifat teoritis. Untuk memahami konsep ini secara mendalam, siswa perlu dilibatkan dalam proses belajar yang memungkinkan terjadinya diskusi, interaksi, dan eksplorasi (Hidayati & Fitrian, 2023). Salah satu media yang berpotensi mendukung hal tersebut adalah game edukasi, karena tidak hanya mampu meningkatkan motivasi belajar, tetapi juga melatih kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah dalam konteks dunia nyata (Nurma et al., 2024). Oleh karena itu, pembelajaran energi terbarukan sebaiknya tidak lagi mengandalkan metode ceramah semata, melainkan perlu diubah menjadi pembelajaran yang aktif, kreatif, dan kontekstual (Sahra et al., 2025). Pendekatan seperti ini memungkinkan siswa tidak hanya memahami konsep secara teori, tetapi juga mengembangkan keterampilan kolaborasi, refleksi, dan penerapan dalam kehidupan sehari-hari.

2.3. Learning By Doing

Learning by Doing merupakan pendekatan pembelajaran yang menekankan keterlibatan aktif dan mandiri siswa dalam proses belajar mengajar, di mana siswa tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi juga mengamati, mengeksplorasi, dan mengaitkan pengetahuan dengan lingkungan sekitarnya. Hal ini menjadikan proses pembelajaran lebih bermakna dan menyenangkan (Robani et al., 2021). Konsep ini berakar pada teori pendidikan yang dikembangkan oleh John Dewey, pendiri Dewey School, yang meyakini bahwa pembelajaran yang efektif terjadi ketika siswa secara spontan terlibat dalam pengalaman yang dilandasi rasa ingin tahu (Surahman & Fauziati, 2021).

Menurut (Kesi et al., 2022), pendekatan *Learning by Doing* yang efektif mencakup beberapa prinsip penting, seperti adanya motivasi dari dalam diri peserta didik, keterlibatan aktif tanpa membedakan kemampuan individu, serta adanya umpan balik dalam proses pembelajaran. Proses ini juga mendorong siswa untuk menyusun pemahaman secara logis berdasarkan pengalaman nyata. Dengan penerapan pendekatan ini, siswa dapat secara langsung mempraktikkan apa yang telah mereka pelajari, sehingga terjadi integrasi antara teori dan praktik (Norvia & Raya, 2023). Selain itu, *Learning by Doing* terbukti mampu meningkatkan kreativitas serta kepedulian siswa terhadap lingkungan sosial dan fisik di sekitarnya (Azizah et al., 2022).

2.4. System Usability Scale (SUS)

System Usability Scale (SUS) adalah metode pengujian *usability* yang dikembangkan oleh John Brooke pada tahun 1986. Metode ini sering disebut sebagai evaluasi “*quick and dirty*” karena dapat dilakukan dengan cepat, namun tetap menghasilkan data yang andal dan bermanfaat (Kosim et al., 2022a). SUS dipilih dalam berbagai pengujian sistem karena memiliki beberapa kelebihan, seperti mudah dipahami oleh responden, dapat memberikan hasil evaluasi yang valid meskipun menggunakan sampel yang relatif kecil, serta mampu menunjukkan tingkat kelayakan suatu sistem secara objektif.

Kuesioner SUS terdiri dari 10 pernyataan yang dijawab menggunakan skala Likert lima poin, dengan pilihan jawaban mulai dari 1 (Sangat Tidak Setuju) hingga 5 (Sangat Setuju) (Ardhana, 2022). Pernyataan bernomor ganjil (1, 3, 5, 7, dan 9) bersifat positif, sedangkan pernyataan bernomor genap (2, 4, 6, 8, dan 10) bersifat negatif, sehingga interpretasi hasil dapat menggambarkan persepsi pengguna secara seimbang (Aisyah et al., 2021). Data yang didapatkan dari hasil kuesioner akan dianalisis. Menurut (Sukma et al., 2023), proses perhitungan hasil mempunyai tahapan sebagai berikut:

1. Setiap pernyataan bernomor ganjil dikurangi 1 dari skor (X-1).
2. Setiap pernyataan bernomor genap dikurangi nilainya dari 5 (5-X).
3. Untuk semua pernyataan ganjil ditambahkan dengan ganjil tanpa pernyataan genap dan dijumlahkan begitu juga dengan pernyataan genap.
4. Kemudian hasil perhitungan tersebut dikalikan dengan 2,5.

$$\text{Skor SUS} = (Q1 - 1) + (5 - Q2) + (Q3 - 1) + (5 - Q4) + (Q5 - 1) + (5 - Q6) + (Q7 - 1) + (5 - Q8) + (Q9 - 1) + (5 - Q10)) \times 2.5$$

Keterangan :

Q = Pertanyaan

Q1 = Pertanyaan 1

5. Untuk perhitungan nilai SUS yaitu menjumlahkan total skor dari masing-masing responden. Nilai rata-rata dari hasil evaluasi aplikasi didapatkan dari jumlah total skor dibagi dengan jumlah seluruh responden.

Tabel 1 Interpretasi Skor SUS

Grade	SUS	Percentiles Range	Adjective	Acceptable	NPS
A+	84.1 - 100	96 - 100	Best Imaginable	Acceptable	Promoter
A	80.8 - 84.0	90 - 95	Excellent	Acceptable	Promoter

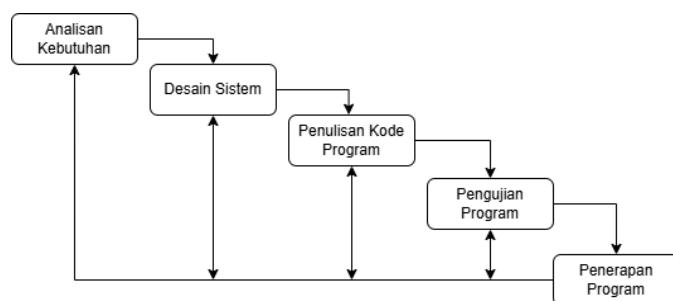
A-	78.9 - 80.7	85 - 89	<i>Good</i>	<i>Acceptable</i>	<i>Promoter</i>
B+	77.2 - 77.8	80 - 84		<i>Acceptable</i>	<i>Passive</i>
B	74.1 - 77.1	70 - 79		<i>Acceptable</i>	<i>Passive</i>
B-	72.6 - 74.0	65 - 69		<i>Acceptable</i>	<i>Passive</i>
C+	71.1 - 72.5	60 - 64	<i>OK</i>	<i>Acceptable</i>	<i>Passive</i>
C	65.0 - 71.0	41 - 59		<i>Marginal</i>	<i>Passive</i>
C-	62.7 - 64.9	35 - 40		<i>Marginal</i>	<i>Passive</i>
D	< 51.7	15 - 34		<i>Marginal</i>	<i>Detractor</i>

3. METODOLOGI

3.1 Rancangan penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan pengembangan sistem dengan model *System Development Life Cycle* (SDLC). SDLC merupakan metodologi pengembangan perangkat lunak yang sistematis dan terstruktur, digunakan untuk merancang dan membangun sistem informasi secara bertahap (Ridwan et al., 2021). Dalam penelitian ini, model SDLC yang digunakan adalah model *Waterfall*. Model ini dipilih karena memberikan alur pengembangan yang runtut dan sesuai dengan kebutuhan pengembangan media pembelajaran digital (Fitriyanto et al., 2023). Menurut (Widiyanto & Susanto, 2021), Gambar 3.1.1. menunjukkan tahapan dalam SDLC model *Waterfall* terdiri dari analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan penerapan sistem. Tahap analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi dan mengumpulkan data terkait materi pembelajaran, karakteristik pengguna, serta kebutuhan teknis dari sistem. Tahap perancangan dilakukan dengan menyusun simulasi perancangan *game* edukasi yang akan dikembangkan, termasuk alur permainan, tampilan visual, serta fitur-fitur interaktif yang sesuai dengan tujuan pembelajaran. Pada tahap implementasi, dilakukan proses pengkodean untuk membangun *game* edukasi Zafiros menggunakan perangkat lunak pengembangan game yang sesuai. Setelah sistem dikembangkan, tahap pengujian dilakukan untuk mengevaluasi fungsionalitas dan keandalan *game* dalam konteks pembelajaran. Jika sistem dinyatakan layak, maka dilanjutkan pada tahap penerapan sistem, yaitu penggunaan *game* oleh siswa sebagai media pembelajaran di kelas.

Penelitian ini mengambil populasi siswa/i Sekolah Dasar Kristen Kalam Kudus Pontianak. Populasi didefinisikan sebagai keseluruhan subjek yang menjadi objek penelitian dalam suatu ruang lingkup tertentu (Suryani et al., 2023). Sampel dalam penelitian ini adalah siswa/i kelas IV dan V, yang dipilih karena telah mempelajari materi energi terbarukan dalam kurikulum mereka. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *purposive sampling*, yaitu teknik pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan atau tujuan tertentu. Teknik ini dipilih karena peneliti ingin melibatkan responden yang relevan dengan konteks pengembangan media, dalam hal ini siswa yang sudah memiliki latar belakang materi terkait (Asrulla, 2024). Instrumen pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuesioner. Kuesioner merupakan alat untuk mengumpulkan data melalui serangkaian pertanyaan tertulis yang dijawab langsung oleh responden (Ardiansyah et al., 2023).



Gambar 1 Tahapan SDLC

3.2 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis, yaitu kuesioner *System Usability Scale* (SUS) dan tes pemahaman materi energi terbarukan. Kuesioner SUS digunakan untuk mengukur tingkat fungsionalitas, kemudahan penggunaan, dan tampilan antarmuka dari sistem yang dikembangkan, yaitu game edukasi Zafiros (Kosim et al., 2022b). Kuesioner ini disusun menggunakan skala Likert dengan lima pilihan jawaban, yaitu "sangat tidak setuju", "tidak setuju", "kurang setuju", "setuju", dan "sangat setuju" (Widayanti & Maknunah, 2021). Sementara itu, tes pemahaman digunakan untuk menilai sejauh mana siswa menguasai materi energi terbarukan setelah mengikuti pembelajaran menggunakan media game. Tes ini disusun dalam bentuk soal pilihan ganda yang dirancang mengacu pada kompetensi dasar dalam kurikulum sekolah dasar. Berikut adalah list pertanyaan kuesioner SUS dan tes pemahaman.

Tabel 2 Daftar Pertanyaan SUS

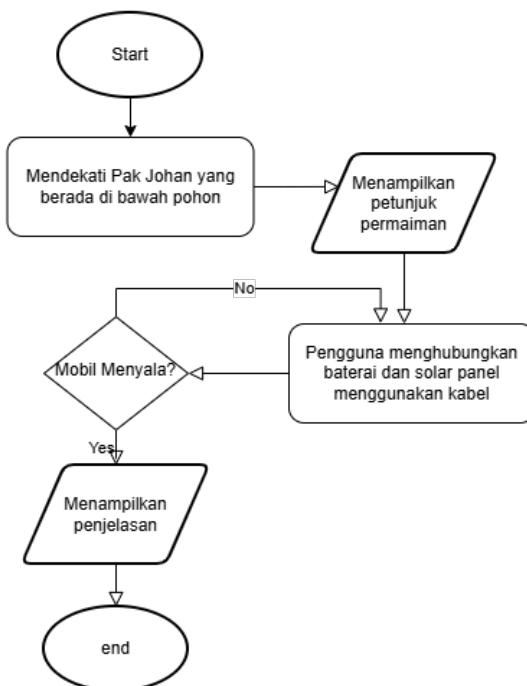
No.	Daftar Pertanyaan
Q1.	Saya mau memakai <i>game</i> ini lagi untuk mengajar.
Q2.	<i>Game</i> ini sulit digunakan.
Q3.	<i>Game</i> ini mudah untuk digunakan.
Q4.	Saya butuh bantuan orang lain untuk menggunakan <i>game</i> ini.
Q5.	Semua bagian dalam <i>game</i> ini yang kelihatan tidak cocok.
Q6.	Orang lain pasti cepat mengerti cara menggunakan <i>game</i> ini.
Q7.	<i>Game</i> ini membuat saya bingung.
Q8.	Saya tidak kesulitan dalam menggunakan <i>game</i> ini.
Q9.	Saya tidak ada kesulitan dalam menggunakan <i>game</i> ini.
Q10.	Saya harus mempelajari <i>game</i> sebelum menggunakannya.

Tabel 3 List Pertanyaan Tes Pemahaman

No.	List Pertanyaan
P1.	Energi terbarukan disebut juga energi yang
P2.	Apa kesamaan antara kincir air dan kincir angin menghasilkan energi?
P3.	Panel surya bisa menghasilkan listrik paling banyak saat...
P4.	Mengapa energi matahari termasuk energi yang ramah lingkungan?
P5.	Kincir air sangat cocok digunakan di daerah...
P6.	Apa yang terjadi jika kincir angin dipasang di tempat tanpa angin?
P7.	Yang bukan merupakan contoh energi terbarukan adalah...
P8.	Apa nama alat yang digunakan untuk menangkap sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik?
P9.	Mengapa energi dari batu bara sebaiknya dikurangi penggunaannya?
P10.	Apa manfaat utama menggunakan energi terbarukan?

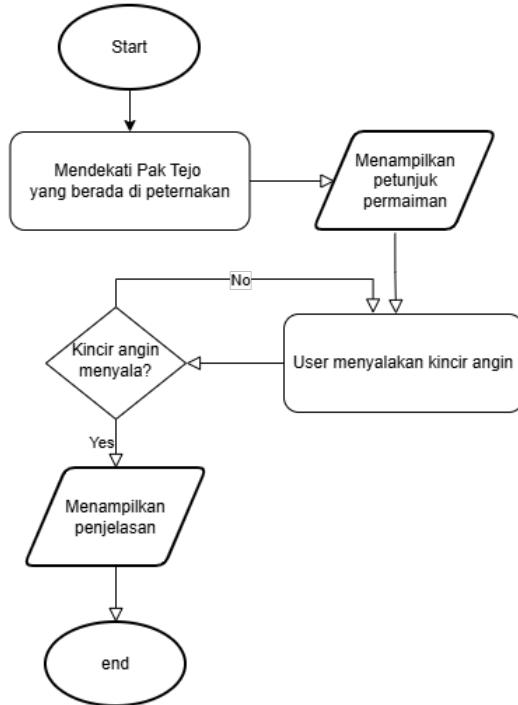
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 2 yaitu *flowchart level 1* menggambarkan alur dari awal pengguna hingga menyelesaikan *level* pertama. Pengguna bakal mendekati Pak Johan yang berada di bawah pohon, dan dialog antara Pak Johan dan pengguna dimulai. Pengguna akan diminta untuk menghubungkan antara panel surya dengan baterai menggunakan kabel dan menunggu hingga baterai terisi penuh. Apabila baterai sudah terisi penuh, maka mobil akan menyala dan menampilkan penjelasan.



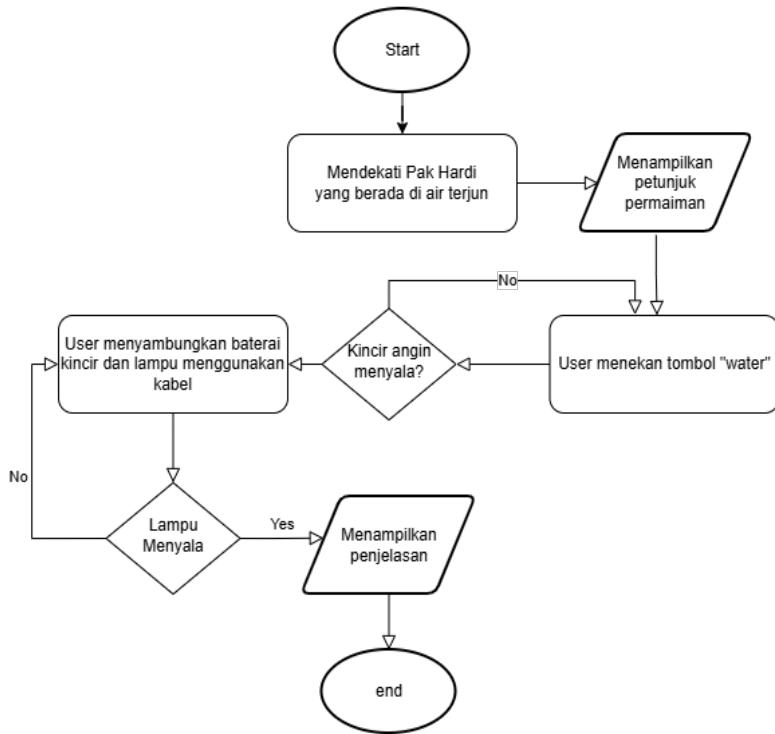
Gambar 2 *Flowchart Level 1*

Pada Gambar 3 yaitu *flowchart level 2* menggambarkan alur dari awal pengguna memulai *level 2*, hingga menyelesaikan tugas yang telah ditetapkan. Permainan dimulai ketika pengguna mendekati Pak Tejo yang sedang berada di peternakan dan kelihatan sedang dalam masalah. Pengguna diminta untuk menyalakan kincir angin yang mati, dengan cara mengubah arah rotasi kincir angin agar sesuai dengan arah angin. Setelah pengguna berhasil mengubah rotasi kincir angin,, maka akan muncul penjelasan terkait kincir angin di *level 2*.



Gambar 3 Flowchart Level 2

Pada Gambar 4 yaitu *flowchart level 3* menggambarkan alur dari awal pengguna memulai *level 3*, hingga menyelesaikan tugas yang telah ditetapkan. *Level 3* dimulai ketika pengguna mendekati Pak Hardi yang berada di air terjun dan sedang mengalami masalah karena kincir air tidak berfungsi. Pengguna harus menekan tombol *open portal* untuk membuka portal air dan menggerakkan kincir air. Setelah kincir air berfungsi, pemain harus menghubungkan antara *generator* kincir air dengan lampu, kemudian *level 3* akan selesai. Penjelasan akan muncul seusai dialog *level 3* selesai.

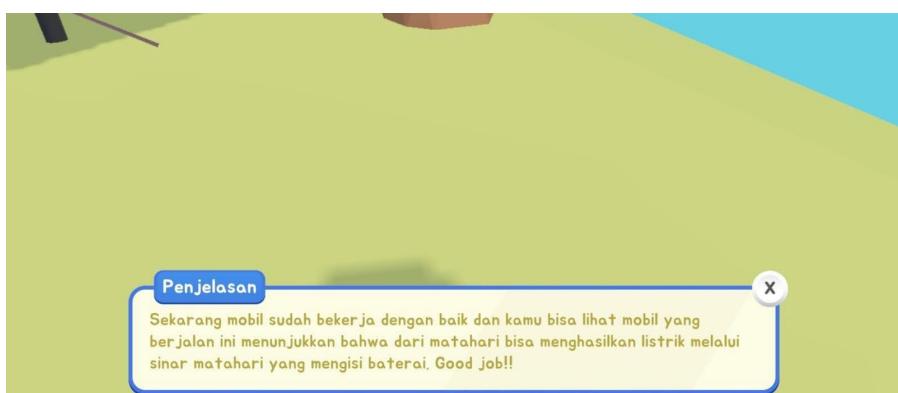


Gambar 4 Flowchart Level 3

Berikut adalah tampilan sistem dari *game* edukasi Zafiros. Gambar adalah tampilan pertama kali siswa saat membuka aplikasi. Pada *level 1* ini siswa diperkenalkan tentang cara kerja solar panel. Tampilan menampilkan Pak Johan, solar panel, baterai dan juga mobil. Siswa perlu bergerak mendekati Pak Johan yang berada di bawah pohon setelah itu akan tampil petunjuk permainan agar siswa mengetahui apa yang harus dilakukan. Setelah petunjuk selesai dibacakan, siswa harus menghubungkan kabel yang tersedia dari solar panel ke baterai. Baterai akan mulai terisi, dan setelah terisi penuh, mobil akan menyala dan bergerak. Selanjutnya, mobil menyala maka akan muncul penjelasan dari cara kerja solar panel seperti pada Gambar 5.



Gambar 5 Cutscene Pemberian Misi Level 1



Gambar 6 Penjelasan Solar Panel Misi Level 1

Gambar 7 menampilkan *level 2*, di mana ada Pak Tejo berdiri diperternakan. Ketika siswa mendekati Pak Tejo petunjuk *level 2* akan muncul seperti pada Gambar 8. Siswa mempelajari cara kerja kincir angin pada *level* ini. Siswa berjalan mendekat ke kincir angin, siswa perlu menyalakan kincir angin dengan cara menekan tombol yang berada di kincir angin untuk memperbaiki arah rotasi kincir angin yang belum sesuai. Setelah kincir angin menyala, siswa menunggu hingga baterai kincir terisi penuh, lalu menghubungkan kincir angin ke baterai menggunakan kabel. Setelah itu akan tampil penjelasan mengenai cara kerja kincir angin seperti pada Gambar 9.



Gambar 7 Cutscene Pemberian Misi Level 2



Gambar 8 Penjelasan Mekanisme Misi Level 2



Gambar 9 Penjelasan Kincir Angin Level 2

Gambar 10 menampilkan *level 3*, yang mana ada Pak Hardi berada di sekitar air terjun menjelaskan misi yang harus dikerjakan untuk *level 3*. Pada *level ini*, siswa mempelajari tentang cara kerja kincir air. Siswa menekan tombol "Water" untuk mengaktifkan kincir air. Setelah kincir air menyala maka baterai akan mulai terisi. Setelah baterai penuh, siswa harus menghubungkan baterai dengan lampu menggunakan kabel yang tersedia. Setelah itu akan tampil penjelasan yang menjelaskan tentang cara kerja kincir air seperti pada Gambar 11.



Gambar 10 Cutscene Pemberian Misi Level 3



Gambar 11 Penjelasan Kincir Air Level 3

Berikut adalah tabel-tabel *use case scenario* yang menggambarkan apa saja yang harus dilakukan pada setiap *level*, situasi awal saat *level* dimulai dan situasi setelah *level* tersebut selesai. Tabel 4 adalah tabel *use case scenario* untuk level 1, pada *level* ini siswa diperkenalkan cara kerja panel surya. Tabel 5 adalah tabel *use case scenario* untuk *level* 2, pada *level* ini siswa diperkenalkan cara kerja kincir angin. Tabel 6 adalah tabel *use case scenario* untuk *level* 3, pada *level* ini siswa diperkenalkan cara kerja kincir air.

Tabel 4 Use Case Scenario Level 1

<i>Title</i>	Skenario Level 1
Deskripsi	Aktor akan mengenal cara kerja dari panel surya.
Aktor & Interface	Aktor : Siswa Interface : Tampilan <i>level</i> 1 yang terdiri dari Pak Johan, panel surya, baterai, dan mobil.
<i>Pre - condition</i>	Siswa baru membuka <i>game</i> .
<i>Basic Flow</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Aktor akan pergi mendekati Pak Johan. - Sistem akan memunculkan petunjuk apa yang harus dilakukan oleh siswa. - Siswa harus menghubungkan panel surya dengan baterai. - Siswa menunggu baterai hingga penuh.
<i>Post - Condition</i>	Ketika baterai penuh maka mobil dapat berjalan dan sistem akan memunculkan penjelasan.

Tabel 5 Use Case Scenario Level 2

<i>Title</i>	Skenario Level 2
Deskripsi	Aktor akan mengenal cara kerja dari kincir angin.
Aktor & Interface	Aktor : Siswa Interface : Tampilan <i>level</i> 2 yang terdiri dari Pak Tejo, kincir angin dan baterai.
<i>Pre - condition</i>	Siswa telah menyelesaikan <i>level</i> 1.
<i>Basic Flow</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Aktor akan pergi mendekati Pak Tejo yang berada di dekat peternakan. - Sistem akan memunculkan petunjuk apa yang harus dilakukan oleh siswa. - Siswa harus menghidupkan kincir angin dengan menekan kincir angin. - Maka kincir angin akan berputar dan baterai kincir angin akan terisi.
<i>Post - Condition</i>	Ketika baterai penuh maka sistem akan memunculkan penjelasan.

Tabel 6 Use Case Scenario Level 3

<i>Title</i>	Skenario Level 3
Deskripsi	Aktor akan mengenal cara kerja dari kincir air.
Aktor & Interface	Aktor : Siswa Interface : Tampilan level 3 yang terdiri dari Pak Hardi, kincir air, baterai, dan lampu.
<i>Pre - condition</i>	Siswa telah menyelesaikan level 2.
<i>Basic Flow</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Aktor akan pergi mendekati Pak Hardi yang berada di dekat air terjun. - Sistem akan memunculkan petunjuk apa yang harus dilakukan oleh siswa. - Siswa harus menekan tombol <i>water</i> untuk menghidupkan kincir air. - Maka kincir air akan berputar dan baterai kincir air akan terisi. - Siswa harus menghubungkan baterai dengan lampu saat baterai terisi penuh.
<i>Post - Condition</i>	Maka lampu akan menyala dan sistem akan memunculkan penjelasan.

Tabel 7 Hasil Responden SUS

Responden	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
R1	5	2	5	4	5	1	5	1	5	5
R2	5	2	3	3	5	4	4	3	3	3
R3	4	3	4	3	3	3	4	2	4	2
R4	4	2	2	4	4	4	2	4	2	4

Tabel 8 Hasil Perhitungan Skor SUS

Responden	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
R1	$5-1 = 4$	$5-2 = 3$	$5-1 = 4$	$5-4 = 1$	$5-1 = 4$	$5-1 = 4$	$5-1 = 4$	$5-1 = 4$	$5-1 = 4$	$5-5 = 0$
R2	$5-1 = 4$	$5-2 = 3$	$3-1 = 2$	$5-3 = 2$	$5-1 = 4$	$5-4 = 1$	$4-1 = 3$	$5-3 = 2$	$3-1 = 2$	$5-3 = 2$
R3	$4-1 = 3$	$5-3 = 2$	$4-1 = 3$	$5-3 = 2$	$3-1 = 2$	$5-3 = 2$	$4-1 = 3$	$5-2 = 3$	$4-1 = 3$	$5-2 = 3$
R4	$4-1 = 3$	$5-2 = 3$	$2-1 = 1$	$5-4 = 1$	$4-1 = 3$	$5-4 = 1$	$2-1 = 1$	$5-4 = 1$	$2-1 = 1$	$5-4 = 1$

Tabel 9 Hasil Perhitungan Rata-Rata Skor SUS

Responden	Skor Pertanyaan	Rata-Rata Skor
R1	$4+3+4+1+4+4+4+4+0 = 32 \times 2.5 = 80$	$80 + 62.5 + 65 + 40 = 247.5 / 4 = 61.875 = 62$
R2	$4+3+2+2+4+1+3+2+2+2 = 25 \times 2.5 = 62.5$	
R3	$3+2+3+2+2+2+3+3+3+3 = 26 \times 2.5 = 65$	
R4	$3+3+1+1+3+1+1+1+1+1 = 16 \times 2.5 = 40$	

Berdasarkan hasil pengisian kuesioner *System Usability Testing* (SUS) yang dilakukan oleh pengajar sebanyak 4 orang, diperoleh rata-rata 62. Berdasarkan hasil dari kuesioner menunjukkan pertanyaan genap (Q2, Q4, Q6, Q8, Q10) rata-rata responden memberikan skor 3 yang berarti "kurang setuju" sedangkan untuk pertanyaan ganjil (Q1, Q3, Q5, Q7, Q9) rata-rata responden memberikan skor 4 yang berarti "setuju". Pada pernyataan no 3 yaitu "Game ini mudah digunakan" rata-rata responden memberikan skor 3 yang berarti "kurang setuju". Pada pernyataan no 7 "Orang lain pasti cepat mengerti cara menggunakan game ini" rata-rata responden memberikan skor 3 yang berarti "kurang setuju". Dari hasil rata-rata menunjukkan penelitian ini dalam *adjective rating*, menunjukkan penilaian responden terhadap *game* edukasi Zafiros memiliki tingkat *usability* yang masih terbilang "Ok" dengan kualitas *grade scale C* yang berarti cukup baik dan termasuk tingkat penerimaan *marginal* serta *percentile rank* berada di antara 34-40 dan juga NPS yang termasuk kelas *passive* yang dianggap dapat diterima oleh pengguna dalam *usability*. Menurut (Widayanti & Maknunah, 2021) bahwa jika nilai rata-rata dibawah 70 maka terdapat masalah pada *usability* sehingga diperlukan perbaikan yang lebih lanjut pada *game* edukasi Zafiros agar dapat mencapai *range acceptable*.

Tabel 10 Hasil Tes Pemahaman Siswa

Responden	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Jumlah Benar	Total Skor
R1	C	B	B	B	A	A	B	B	C	D	5	50
R2	A	B	B	B	A	A	A	B	C	A	6	60
R3	C	B	A	B	C	A	A	B	C	A	6	60
R4	C	C	C	D	C	A	D	B	C	D	6	60
R5	C	B	B	A	D	A	D	B	C	A	6	60
R6	C	B	B	B	A	A	B	B	C	A	6	60
R7	C	B	B	B	A	C	D	B	B	A	7	70
R8	C	B	B	B	C	C	D	B	C	A	9	90
R9	C	B	B	B	A	A	B	B	C	A	6	60
R10	C	B	B	B	A	D	D	B	C	A	9	90
Total											66	660 = 66

Berdasarkan hasil tes pemahaman materi energi terbarukan, siswa memperoleh rata-rata skor 66 dari 100. Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas siswa mampu memahami konsep energi terbarukan yang disajikan dalam *game*, seperti panel surya, kincir angin, dan kincir air. Meskipun terdapat variasi skor antara responden, sebagian besar berada pada kisaran 60 hingga 90, yang menandakan konsistensi pemahaman. Temuan ini mengindikasikan bahwa *game* edukasi Zafiros mampu membantu siswa memahami materi melalui pengalaman langsung dan visualisasi dalam konteks nyata. Hasil ini konsisten dengan penelitian Kersánszki et al., (2023) dan Mufidah et al., (2022) yang menyatakan bahwa penggunaan *game* edukatif dapat meningkatkan motivasi dan pemahaman konsep melalui pengalaman belajar berbasis interaksi dan eksplorasi.

Hasil pengujian usability menggunakan System Usability Scale (SUS) menunjukkan skor rata-rata sebesar 62 yang berada pada kategori *Ok* atau *marginally acceptable*. Meskipun belum berada pada tingkat *excellent acceptability*, skor ini menunjukkan bahwa game Zafiros tetap layak digunakan karena telah memenuhi aspek usability dasar, yaitu *learnability*, *efficiency*, dan *user satisfaction*. Hasil ini memperkuat bahwa tujuan penelitian untuk mengembangkan media pembelajaran yang tidak hanya menarik tetapi juga dapat digunakan secara fungsional telah tercapai. Dengan kata lain, game Zafiros sudah memenuhi standar minimal kelayakan *usability* dan dapat digunakan sebagai media pembelajaran digital, meskipun masih memerlukan penyempurnaan antarmuka, navigasi, dan petunjuk penggunaan.

Temuan ini mendukung teori *Learning by Doing* dari John Dewey yang menyatakan bahwa pengalaman langsung dan keterlibatan aktif dalam kegiatan belajar akan meningkatkan pemahaman konsep secara lebih mendalam. Melalui pengalaman menyelesaikan misi setiap *level*, siswa tidak hanya mengingat informasi, tetapi juga membangun pemahaman melalui praktik langsung dan visualisasi, sehingga meningkatkan retensi pengetahuan. Secara keseluruhan, temuan penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan game edukasi Zafiros berhasil mencapai tujuan utamanya, yaitu menghadirkan media pembelajaran interaktif, menarik, dan mampu meningkatkan pemahaman siswa terhadap energi terbarukan. *Game* ini dinilai efektif dari aspek edukatif dan fungsional dari aspek *usability*.

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Jumlah responden terbatas, durasi pengujian relatif singkat, dan game hanya mencakup tiga jenis energi terbarukan. Selain itu, aspek kemudahan penggunaan masih perlu ditingkatkan karena adanya beberapa petunjuk yang kurang jelas bagi pengguna baru. Pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan memperluas materi, meningkatkan fitur interaktif, menyediakan mode *multi-platform*, dan melakukan evaluasi untuk melihat dampak jangka panjang terhadap pemahaman siswa.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan media pembelajaran interaktif berbentuk game edukasi 3D bernama Zafiros yang dirancang untuk memperkenalkan konsep energi terbarukan kepada siswa sekolah dasar melalui pendekatan *Learning by Doing*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa game ini mampu meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi, ditunjukkan dengan rata-rata skor tes pemahaman sebesar 66 dari 100, dengan beberapa siswa mencapai skor tertinggi 90. Selain itu, evaluasi *usability* menggunakan System Usability Scale (SUS) menghasilkan skor rata-rata 62 yang berada dalam kategori "Ok" (*grade C-*), yang berarti bahwa sistem cukup layak digunakan dan dapat diterima sebagai media pembelajaran, meskipun masih memerlukan penyempurnaan pada aspek kemudahan

penggunaan dan antarmuka.

Dengan demikian, tujuan penelitian untuk menghasilkan game edukasi yang interaktif, efektif, dan dapat digunakan secara fungsional oleh pengguna telah tercapai. Adapun pengembangan selanjutnya disarankan untuk menambahkan beragam konten energi terbarukan, memperbaiki navigasi dan petunjuk penggunaan, serta menerapkan uji coba dengan jumlah partisipan dan durasi penggunaan yang lebih luas agar efektivitas media dapat dievaluasi secara lebih komprehensif dan mendalam.

Conflict of interest

Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, S., Saputra, E., Rozanda, N. E., & Ahsyar, T. K. (2021). Evaluasi Usability Website Dinas Pendidikan Provinsi Riau Menggunakan Metode System Usability Scale. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Manajemen Sistem Informasi*, 7(2), 125–132. <https://disdik.riau.go.id>
- Alba, M., Parjito, P., & Priandika, A. T. (2023). Media Game Edukasi Berbasis Android Untuk Pembelajaran Benda Hidup dan Tidak Hidup. *Jurnal Informatika Dan Rekayasa Perangkat Lunak*, 4(1), 29–40. <https://doi.org/10.33365/jatika.v4i1.2456>
- Alnavis, N., Wirawan, R., Solihah, K., & Nugroho, V. (2024). Energi listrik berkelanjutan: Potensi dan tantangan penyediaan energi listrik di Indonesia. *Journal of Innovation Materials, Energy, and Sustainable Engineering*, 1. <https://doi.org/10.61511/jimese.v1i2.2024.544>
- Annisa, A. N., Rusdiyani, I., & Nulhakim, L. (2022). MENINGKATKAN EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN MELALUI APLIKASI GAME EDUKASI BERBASIS ANDROID. *Akademika*, 11(01), 201–213. <https://doi.org/10.34005/akademika.v11i01.1939>
- Ardiansyah, Risnita, & Jailani, M. (2023). Teknik Pengumpulan Data Dan Instrumen Penelitian Ilmiah Pendidikan Pada Pendekatan Kualitatif dan Kuantitatif. *Jurnal IHSAN : Jurnal Pendidikan Islam*, 1, 1–9. <https://doi.org/10.61104/ihsan.v1i2.57>
- Asrulla, A. (2024). *Populasi dan Sampling (Kuantitatif), Serta Pemilihan Informan Kunci (Kualitatif) dalam Pendekatan Praktis*. <https://www.researchgate.net/publication/386875018>
- Azizah, N., Asyhari, M. D., Beatrice, C., & Kristina, C. (2022). PEMBERDAYAAN MASYARAKAT DENGAN METODE LEARNING BY DOING DALAM PENGOLAHAN BUNGA TELANG DI KELURAHAN MOJO, KOTA SURABAYA. In *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* (Vol. 2, Issue 2). https://jurnalfkip.samawa-university.ac.id/karya_jpm/index
- Faijah, N., Nuryadi, N., & Marhaeni, N. H. (2022). EFEKTIVITAS PENGGUNAAN GAME EDUKASI QUIZWHIZZER UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP TEOREMA PHYTAGORAS. *PHI: Jurnal Pendidikan Matematika*, 6, 117. <https://doi.org/10.33087/phi.v6i1.194>
- Fitri, N., Fauzi, A., & Widiatuti, S. (2023). Pengembangan Game Edukasi Math Hero's Adventure Pada Pembelajaran Matematika Kelas IV Sekolah Dasar. *Madako Elementary School*, 2, 85–99. <https://doi.org/10.56630/mes.v2i1.163>
- Fuadah, A. F. (2023). PENERAPAN GAME EDUKASI MARBEL BUDAYA NUSANTARA UNTUK MENINGKATKAN HASIL BELAJAR SISWA DALAM PEMBELAJARAN IPS MATERI KERAGAMAN BUDAYA DI INDONESIA. *Berajah Journal*, 3(1), 227–238. <https://doi.org/10.47353/bj.v3i1.220>
- Fitriyanto, A. G., Suarna, N., & Nurdiawan, O. (2023). Sistem Informasi Surat Masuk Dan Surat Keluar Pada Kantor Balai Besar Wilayah Sungai Menggunakan Metode Sistem Development Life Cycle. *Jurnal Informatika Dan Teknologi Informasi*, 2(2), 215–219. <https://doi.org/10.56854/jt.v2i2.195>
- Pengembangan Game Edukasi "Zafiros" sebagai Media Pembelajaran Renewable Energy bagi Siswa SD Kalam Kudus Pontianak, Kayne, dkk.

Giwangkara, J. (n.d.). *The Urgency of Renewable Energy Transition in Indonesia*.

Hidayati, D. I., & Fitrian, A. (2023). *Pr o s i d i n g S e m i n a r N a s i o n a l S a i n s Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Berbasis Monopoly Physics Station Dalam Materi Energi Terbarukan Pada Siswa Kelas X SMA/MA*. In *Pengembangan Media Pembelajaran Fisika* (Vol. 52, Issue 1).

Hamria, & Hasmirati (2022). Game Edukasi Untuk Pembelajaran IPA SMP Kelas VIII Berbasis Android. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 9(1). <http://jurnal.mdp.ac.id>

Hutasoit, S. (2021). Pembelajaran Teacher Centered Learning (TCL) dan Project Based Learning (PBL) dalam Pengembangan Kinerja Ilmiah dan Peninjauan Karakter Siswa. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 2, 1775–1799. <https://doi.org/10.36418/japendi.v2i10.294>

Irawati, F., Kartikasari, F., & Tarigan, E. (2021). Pengenalan Energi Terbarukan dengan Fokus Energi Matahari kepada Siswa Sekolah Dasar dan Menengah. *Publikasi Pendidikan*, 11, 164. <https://doi.org/10.26858/publikan.v11i2.16413>

Kersánszki, T., Holik, I., & Márton, Z. (2023). Minecraft Game as a New Opportunity for Teaching Renewable Energy Topics. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 13(5), 16–29. <https://doi.org/10.3991/ijep.v13i5.36287>

Kesi, W., Dewi, M., & Hita, S. D. T. (2022). Manajemen Pembelajaran Dan Memotifasi Belajar Siswa Dalam Pembelajaran Aktif Learning by Doing Di Tingkat Pendidikan Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmu Multidisiplin*, 2(3). <https://jayapanguspress.penerbit.org/index.php/metta>

Kosim, A. M., Aji, S. R., & Darwis, M. (2022a). PENGUJIAN USABILITY APLIKASI PEDULILINDUNGI DENGAN METODE SYSTEM USABILITY SCALE (SUS) 1. *Jurnal Sistem Informasi Dan Sains Teknologi*, 4(2).

Ma'ruf, F. (2021). Pengembangan Game Edukasi Berbasis Flash Sebagai Sarana Belajar Siswa PAUD. *Ainara Journal (Jurnal Penelitian Dan PKM Bidang Ilmu Pendidikan)*, 2(3), 143–147. <https://doi.org/10.54371/ainj.v2i3.68>

Mufidah, E., & Lestari, P. D. (2022). *PENGEMBANGAN MEDIA GAME EDUKASI UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN SISWA PADA MATA PELAJARAN IPA KELAS IV*. <https://doi.org/10.37850/ibtida>

Nisa, A., Tinofa, N., Noptario, N., & Abdullah, F. (2024). Transisi Pembelajaran Teacher Centered Menuju Student Centered: Penguatan Literasi Teknologi Siswa Sekolah Dasar. *Ide guru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 9, 1453–1460. <https://doi.org/10.51169/ideguru.v9i3.920>

Norgia, L. (2023). Jurnal Kajian Pendidikan dan Hasil Penelitian. *Jurnal Review Pendidikan Dasar*, 9(1). <http://journal.unesa.ac.id/index.php/PD>

Nugraha, A., & Putri, A. R. (n.d.). *PENGEMBANGAN E-LKPD PROJECT BASED LEARNING BERTEMA 7 TH SDGS AFFODABLE AND SUSTAINABLE ENERGY UNTUK SD*.

Nugroho, A. W., & Ma'arif, S. (2022). Pengembangan Media Game Edukasi "Marbel Fauna" pada Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 6(4), 6686–6694. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i4.3326>

Nurma, A., & Sunarti, T. (2024). *Analisis Instrumen Tes Kemampuan Berpikir Kritis Berbantuan Game Physics Quiz Adventure pada Materi Energi dan Sumber Energi Terbarukan* (Vol. 13, Issue 3).

Rakhmat, G. A., Iftitah, F. M., Fadhilah, I. R., Ataulloh, R. F., Julpani, S., & Waluya, F. N. (2025). Pengembangan Game Edukasi Matematika "Mathster" di SDN 215 Rancasagatan Untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa. *Jurnal Abdimas Berdaya: Jurnal Pembelajaran, Pemberdayaan dan Pengabdian Masyarakat*, 8(1), 167-177.

Ridwan, M., Fitri, I., & Benrahman, B. (2021). Rancang Bangun Marketplace Berbasis Website menggunakan Metodologi Systems Development Life Cycle (SDLC) dengan Model Waterfall. *Jurnal JTIK (Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi)*, 5, 173. <https://doi.org/10.35870/jtik.v5i2.209>

Robani, E. M., Rachim, F. A., Febriani, A., & Fitri, E. A. R. (2021). METODE LEARNING BY DOING DALAM

Pengembangan Game Edukasi "Zafiros" sebagai Media Pembelajaran Renewable Energy bagi Siswa SD Kalam Kudus Pontianak, Kayne, dkk.

MENGOPTILALISASI KUALITAS BELAJAR SISWA SMP. *Jurnal Ilmiah Edukasia (JIE)*, 1(1).

Roesdi, H., Lestari, R., & Amini, R. (2024). Konflik sosial dan lingkungan di sektor energi terbarukan: Tinjauan pada skala global. *Environment Conflict*, 1(1). <https://doi.org/10.61511/environc.v1i1.2024.581>

Rozali, A., Irianto, D., & Yuniarti, Y. (2022). KAJIAN PROBLEMATIKA TEACHER CENTERED LEARNING DALAM PEMBELAJARAN SISWA STUDI KASUS : SDN DUKUH, SUKABUMI. *COLLASE (Creative of Learning Students Elementary Education)*, 5, 77–85. <https://doi.org/10.22460/collase.v5i1.9996>

Sahra, D., Rustiana, F., Airin, A., Suriani, A., & Media, A. (2025). *Inovasi dalam Pembelajaran IPA Sumber Energi untuk Menumbuhkan Pemahaman Konsep Sejak Dini*. 80–86. <https://doi.org/10.62383/pentagon.v3i2.525>

Sukma, A. P., Yusuf, R., & Dai, R. H. (2023). ANALISIS PENGUKURAN USABILITY SISTEM INFORMASI MANAJEMEN BAZNAS (SIMBA) MENGGUNAKAN METODE SYSTEM USABILITY SCALE (SUS). 3(2).

Sulistiyawati, W. S., Sholikhin, R. S., Afifah, D. S. N., & Listiawan, T. L. (2021). Peranan game edukasi kahoot! dalam menunjang pembelajaran matematika. *Wahana Matematika Dan Sains: Jurnal Matematika, Sains, Dan Pembelajarannya*, 15(1), 56–57. <https://doi.org/10.23887/wms.v15i1.29851>

Surahman, Y. T., & Fauziati, E. (2021). Maksimalisasi Kualitas Belajar Peserta Didik Menggunakan Metode Learning By Doing Pragmatisme. In *Jurnal Papeda* (Vol. 3, Issue 2).

Suryani, N., Risnita, & Jailani, M. S., (2023). *Konsep Populasi dan Sampling Serta Pemilihan Partisipan Ditinjau Dari Penelitian Ilmiah Pendidikan*. <http://ejournal.yayasanpendidikanzurriyatulquran.id/index.php/ihsan>

Swandi, A., Viridi, S., Rahmadhanningsih, S., Magdalena, I., & Sari, J. (2024). Implementation of Project-Based Science Learning to Improve Literacy of School Managers About New Renewable Energy in West Halmahera. *Physics Education Journal*, 7(2), 280–288. <http://jurnal.unipa.ac.id/index.php/kpej>

Wakidah, Nur R., Aflaha, D., Taufik, I., Zahra, A., Susilowati, S., & Muktiningrum, T. (2022). PENGEMBANGAN KIT RENEWABLE ENERGY SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN PENGEMERATAN ENERGI DI MI ROUDLOTUL ULUM KABUPATEN TULUNGAGUNG. *Jurnal Abdi Insani*, 9, 229–237. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v9i1.519>

Widayanti, R., & Maknunah, J. (2021). Analisis Website STIMATA Menggunakan System Usability Scale (SUS). *Jurnal Ilmiah Komputasi*, 20(3). <https://doi.org/10.32409/jikstik.20.3.2776>

Widiyanto, W., & Susanto, E. (2021). New Normal: Pengembangan Sistem Informasi Penjualan Menggunakan Metode SDLC (System Development Life Cycle). *Jurnal Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian Dan Industri Terapan*, 10, 1–9. <https://doi.org/10.31629/sustainable.v10i1.3190>

Windawati, R., & Koeswanti, H. D. (2021). Pengembangan Game Edukasi Berbasis Android untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 5(2), 1027–1038. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i2.835>

Ardhana, V. Y. P (2022). Evaluasi Usability E-Learning Universitas Qamarul Huda Menggunakan System Usability Scale (SUS). In *Journal of Informatics, Electrical and Electronics Engineering* (Vol. 2, Issue 1). <https://djournals.com/jieee>