

Tersedia secara online di

Jurnal Tadris IPA IndonesiaBeranda jurnal : <http://ejournal.iainponorogo.ac.id/index.php/jtii>**Artikel****CITRA: Media Sains Terintegrasi 3D untuk Pendidikan Siklus Air melalui Etika Lingkungan Islam**

Aulia Hana Faradiba^{1*}, Arsita Ayundia Kholilul Rahma², Dwi Aprilianingrum³, Dyah Ayu Putri Setyowati⁴, Rahmi Faradisya Ekapti⁵

^{1,2,3,4,5} Tadris IPA, Universitas Islam Negeri Kiai Ageng Muhammad Besari Ponorogo, Indonesia

*Corresponding Address: auliafaradiba292@gmail.com

Info Artikel

Riwayat artikel:
Received: 9 Juli 2026
Accepted: 30 Juli 2026
Published: 31 Juli 2026

Kata kunci:

Etika Lingkungan Islam;
Media Pembelajaran 3D;
Sains Terintegrasi

ABSTRAK

Pemahaman siswa terhadap siklus air seringkali masih bersifat deskriptif dan kurang memiliki kedalaman interdisipliner, khususnya di madrasah tsanawiyah yang jarang mengontekstualisasikan sains dalam perspektif pandangan dunia Islam. Penelitian ini mengembangkan dan memvalidasi CITRA (*Cycle of Water Interactive Integrated*), media pembelajaran interaktif 3D yang mengintegrasikan biologi (peran air dalam ekosistem), kimia (struktur molekul H₂O dan perubahan wujud), serta fisika (evaporasi, kondensasi, presipitasi) dalam satu alat fisik, dengan menyisipkan nilai etika lingkungan Islam berupa *khalifah fil ardh* dan *amanah* yang berlandaskan pada Q.S. Al-Anbiya: 30 dan Q.S. Az-Zumar: 21, serta diselaraskan dengan SDG 4 (Pendidikan Berkualitas) dan SDG 6 (Air Bersih dan Sanitasi Layak). Penelitian ini menggunakan model penelitian dan pengembangan (*Research and Development/R&D*) Borg and Gall yang telah dimodifikasi, terdiri atas tiga tahap: studi pendahuluan, perancangan media, dan validasi praktisi. Proses validasi melibatkan empat praktisi (dua guru sains dan dua ahli media/pendidikan) yang berasal dari empat madrasah tsanawiyah, yang menilai CITRA pada lima dimensi, yaitu daya tahan, akurasi konten, kemudahan penggunaan, estetika, dan keamanan, menggunakan angket validasi berskala Likert. Data yang diperoleh dianalisis secara kuantitatif dengan menghitung persentase kelayakan pada setiap dimensi maupun skor keseluruhan, yang kemudian diinterpretasikan menggunakan skala kategori kelayakan (Sangat Layak, Layak, Cukup Layak, Kurang Layak, Tidak Layak). Media ini memperoleh skor kelayakan keseluruhan sebesar 78,33 persen dengan kategori Layak, dengan dimensi Akurasi Konten (85,00 persen) dan Estetika (90,00 persen) dikategorikan Sangat Layak. Temuan ini menunjukkan bahwa CITRA merupakan media lintas disiplin ilmu yang layak digunakan dalam pembelajaran siklus air, sekaligus memberikan kontribusi berupa model yang dapat direplikasi untuk mengintegrasikan konten ilmiah, nilai-nilai Islam, dan perspektif SDGs dalam pengembangan media sains di madrasah. Uji kepraktisan dan efektivitas lebih lanjut melalui uji coba terbatas dan uji coba lapangan disarankan untuk dilakukan.

ABSTRACT

Students' understanding of the water cycle often remains descriptive and lacks interdisciplinary depth, particularly in Islamic junior high schools where science is rarely contextualised within an Islamic worldview. This study developed and validated CITRA (Cycle of Water Interactive

Integrated), an interactive 3D learning medium integrating biology (water's role in ecosystems), chemistry (H₂O molecular structure and phase transitions), and physics (evaporation, condensation, precipitation) in one physical tool, embedding Islamic environmental ethics khalifah fil ardh and amanah grounded in Q.S. Al-Anbiya: 30 and Q.S. Az-Zumar: 21, and aligning with SDG 4 (Quality Education) and SDG 6 (Clean Water and Sanitation). This research employed a modified Borg and Gall research and development (R&D) model comprising three stages: preliminary research, media design, and practitioner validation. Validation involved four practitioners (two science teachers and two media/education experts) drawn from four Islamic junior high schools, who assessed CITRA across five dimensions: durability, content accuracy, ease of use, aesthetics, and safety, using a validation questionnaire with a Likert scale. The data obtained were analysed quantitatively by calculating the percentage of feasibility for each dimension and the overall score, which was then interpreted using a feasibility categorisation scale (Very Feasible, Feasible, Fairly Feasible, Less Feasible, Not Feasible). The medium obtained an overall feasibility score of 78.33 percent, categorised as Feasible, with Content Accuracy (85.00 percent) and Aesthetics (90.00 percent) rated Very Feasible. These findings indicate CITRA is a viable cross-disciplinary medium for water cycle instruction and contribute a replicable model for integrating scientific content, Islamic values, and SDG perspectives into science media development in madrasah. Further practicality and effectiveness testing through limited and field trials is recommended

PENDAHULUAN

Pembelajaran sains di madrasah tsanawiyah masih diwarnai oleh persoalan sekat disiplin ilmu: pengetahuan sains disampaikan melalui bidang studi yang terpisah-pisah dan jarang saling berkomunikasi satu sama lain. Fragmentasi ini semakin diperparah oleh kesenjangan yang sejalan dalam pendidikan Islam, di mana ilmu pengetahuan alam umumnya diajarkan sebagai mata pelajaran yang bersifat netral secara keagamaan dan sepenuhnya mengacu pada kerangka kurikulum sekuler, tanpa adanya keterlibatan substantif dengan cara pandang keilmuan Islam (Parker, 2016). Siklus air merupakan contoh nyata yang menggambarkan kedua persoalan tersebut secara bersamaan. Sebagai sebuah fenomena, siklus air pada dasarnya bersifat lintas disiplin ilmu, mencakup sifat kimiawi molekul air, prinsip termodinamika yang mengatur perubahan wujud zat, serta peran biologis air dalam ekosistem makhluk hidup. Namun demikian, siklus air lazimnya justru direduksi menjadi sekadar uraian deskriptif mengenai tahapan-tahapan yang dapat diamati evaporasi, kondensasi, dan presipitasi yang terlepas dari mekanisme-mekanisme mendasar yang melandasinya (Ernawati et al., 2025). Ketika siswa hanya mengenal siklus air sebagai serangkaian anak panah berlabel pada sebuah diagram, mereka memperoleh pemahaman prosedural tanpa kedalaman konseptual, sehingga pemahaman yang terbentuk cenderung rapuh, mudah terlupakan, dan terputus dari nalar keilmuan (Sadler et al., 2016).

Pemisahan antara sains dan nilai-nilai Islam ini sesungguhnya tidak memiliki landasan teologis yang kuat. Al-Qur'an berulang kali mengajak pembacanya untuk merenungkan fenomena alam sebagai manifestasi kebijaksanaan Ilahi: "Dan Kami jadikan segala sesuatu yang hidup berasal dari air" (Q.S. Al-Anbiya: 30) dan "Dia menurunkan air (hujan) dari langit, lalu air itu mengalir di bumi menurut alurnya" (Q.S. Az-Zumar: 21) merupakan bentuk pembimbingan yang disengaja terhadap proses-proses alam dalam suatu teologi yang sarat makna dan tujuan. Prinsip *khalifah fil ardh* kedudukan manusia sebagai pengelola bumi dan *amanah* tanggung jawab suci yang dipercayakan kepada umat manusia menuntut agar siswa dididik bukan sekadar untuk memahami sistem alam, melainkan juga untuk memeliharanya

sebagai wujud ketakwaan kepada Tuhan (Utami et al., 2026), sehingga penyisipan etika lingkungan Islam ke dalam pembelajaran sains menjadi sebuah keharusan pedagogis yang substantif, bukan sekadar pemanis yang bersifat dekoratif (Rahman, 2022). Pengembangan media pembelajaran yang memperlakukan *khalifah fil ardh* dan *amanah* sebagai landasan konseptual yang genuine, bukan sekadar atribut simbolik semata, masih sangat kurang dieksplorasi dalam literatur pendidikan sains Islam saat ini. Kesenjangan-kesenjangan yang saling bertautan ini termanifestasi sebagai fenomena konkret di dalam kelas pada madrasah tsanawiyah sasaran: siswa diajarkan siklus air hampir seluruhnya melalui diagram buku teks yang statis dan penjelasan verbal, tanpa adanya media pembelajaran yang secara fisik mendemonstrasikan proses tersebut, menghubungkannya dengan mekanisme kimiawi dan fisis yang mendasarinya, atau menempatkannya dalam bingkai etika Islam sehingga siswa hanya mampu menyebutkan tahapan-tahapan siklus air tanpa memahami mengapa hal tersebut terjadi maupun mengapa pelestariannya memiliki makna religius yang penting.

Representasi dua dimensi yang bersifat statis diagram cetak, ilustrasi buku teks, dan slide yang diproyeksikan masih menjadi alat dominan yang digunakan untuk memvisualisasikan siklus air di sebagian besar ruang kelas. Namun demikian, media semacam ini secara inheren memiliki keterbatasan dalam kemampuannya menyampaikan proses yang bersifat dinamis, tiga dimensi, dan kompleks secara molekuler (Anderson & Rivera-vargas, 2020). Penelitian mengenai pembelajaran sains secara konsisten menunjukkan bahwa model tiga dimensi yang konkret dan dapat dimanipulasi menghasilkan capaian konseptual yang jauh lebih kuat dibandingkan representasi visual yang abstrak, khususnya untuk fenomena yang melibatkan hubungan spasial, perubahan wujud zat, dan proses-proses sistemik (Haryadi et al., 2026), dan studi-studi terkini mengenai pedagogi digital semakin menekankan pentingnya memadukan interaksi fisik secara langsung (*hands-on*) dengan lingkungan belajar yang diperkaya secara digital, alih-alih memperlakukan keduanya sebagai ranah pembelajaran yang terpisah (Bidarra & Rusman, 2017).

Air sebagai objek kajian ilmiah juga membawa signifikansi yang melampaui ruang lingkup kelas. SDG 4 menyerukan pentingnya pengalaman belajar yang berkualitas guna membekali generasi muda dengan pengetahuan dan sikap yang diperlukan untuk mewujudkan masa depan yang berkelanjutan, sementara SDG 6 menyoroti kebutuhan global yang mendesak akan akses yang setara terhadap air bersih dan sanitasi yang layak (Ampartzaki et al., 2021). Bagi peserta didik di lembaga pendidikan Islam, relevansi ini semakin diperkuat oleh koherensi teologis antara prinsip-prinsip SDGs dan etika lingkungan Islam, yang keduanya sama-sama menegaskan bahwa pelestarian air merupakan kewajiban moral, bukan sekadar persoalan teknis semata—sebuah arah yang semakin diperkuat oleh Kurikulum Merdeka di Indonesia, yang mendorong pembelajaran sains yang bersifat interdisipliner, kontekstual, dan berorientasi pada penguatan karakter (Hafidatullaili et al., 2026).

Meskipun minat akademik terhadap masing-masing dimensi tersebut terus berkembang, konvergensi antara sains lintas disiplin, etika lingkungan Islam, media interaktif tiga dimensi, dan keselarasan dengan SDGs dalam satu studi pengembangan pembelajaran masih memperoleh perhatian yang terbatas. Penelitian mengenai pembelajaran sains terintegrasi telah menghasilkan berbagai pendekatan lintas disiplin yang bersifat parsial, namun pendekatan-pendekatan tersebut jarang mengonsolidasikan biologi, kimia, dan fisika ke dalam satu alat tiga dimensi yang kohesif dan dirancang khusus untuk konteks madrasah tsanawiyah (del Cerro Velázquez, & Méndez, 2018), serta penelitian dalam bidang pendidikan sains Islam telah mengeksplorasi nilai-nilai religius dalam pembelajaran sains tanpa secara sistematis mengkaji siklus air melalui kerangka *khalifah fil ardh* dan *amanah*.

Kesenjangan ini merupakan peluang yang genuine bagi sebuah penelitian yang sekaligus bersifat inovatif secara pedagogis, kokoh secara teologis, dan berorientasi global.

Penelitian ini merespons peluang tersebut dengan mengembangkan dan memvalidasi CITRA (*Cycle of Water Interactive Integrated*), sebuah media pembelajaran interaktif 3D yang menyatukan biologi, kimia, dan fisika dalam satu pembahasan yang utuh mengenai siklus air, berlandaskan pada *khalifah fil ardh* dan *amanah* sebagai kerangka etika yang substantif, serta diselaraskan dengan SDG 4 dan SDG 6. Kontribusi penelitian ini terdiri atas tiga hal: pertama, penelitian ini memperkenalkan media sains 3D lintas disiplin ilmu yang mengonsolidasikan tiga bidang keilmuan dalam satu alat pembelajaran yang bersifat interaktif secara fisik, sebuah pendekatan perancangan yang masih jarang dilaporkan dalam pendidikan sains di madrasah tsanawiyah; kedua, penelitian ini menunjukkan bagaimana ayat-ayat Al-Qur'an dan etika lingkungan Islam dapat diintegrasikan ke dalam media sains sebagai landasan konseptual, bukan sekadar tambahan simbolik, yang secara langsung merespons visi sains terintegrasi dalam Kurikulum Merdeka; dan ketiga, penelitian ini menyediakan model yang dapat direplikasi untuk pendidikan sains yang selaras dengan SDGs dan responsif terhadap nilai keagamaan, yang dapat diterapkan tidak hanya pada topik siklus air, tetapi juga di luar konteks sekolah Islam di Indonesia.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain *Research and Development* (R&D) yang mengacu pada model Borg and Gall, yang secara sengaja dibatasi pada tiga tahap, yaitu studi pendahuluan, perancangan media, dan validasi praktisi. Pembatasan ini mengikuti praktik yang telah mapan dalam penelitian R&D pendidikan berskala kecil, di mana peneliti dengan keterbatasan waktu, pendanaan, dan akses kelembagaan disarankan untuk mengadaptasi prosedur Borg and Gall yang terdiri atas sepuluh tahap penuh menjadi sejumlah tahap yang lebih ringkas namun tetap memadai untuk menetapkan kelayakan awal produk, alih-alih menempuh keseluruhan siklus melalui implementasi lapangan berskala besar dan revisi (Aka, 2019). Selaras dengan pendekatan tersebut, diseminasi dan uji coba lapangan berskala besar ditangguhkan untuk penelitian selanjutnya, sesuai dengan tujuan utama penelitian ini, yaitu menetapkan kelayakan awal CITRA sebagai prototipe yang telah tervalidasi, bukan mengukur efektivitasnya di dalam kelas secara berskala luas.

Tahap studi pendahuluan melibatkan analisis kebutuhan melalui kajian kurikulum dan observasi lapangan, yang mengidentifikasi ketiadaan media 3D lintas disiplin ilmu untuk pembelajaran siklus air sebagai kesenjangan utama. Validasi praktisi dilakukan oleh empat guru sains yang dipilih secara purposif dari tiga madrasah tsanawiyah (MTs Uyun Al-Hikam, MTs Darul Huda Mayak, MTs Al-Mukarrom, dan SMPIT Darur Rohmah), yang dipilih berdasarkan pengalaman mengajar aktif di kelas dalam bidang sains terintegrasi, keakraban langsung dengan media sains fisik yang bersifat *hands-on* dalam konteks pendidikan Islam, serta keterwakilan dari lebih dari satu institusi guna mengurangi bias sekolah tunggal dalam penilaian kelayakan. Validasi dilakukan secara independen oleh masing-masing reviewer untuk menjaga objektivitas penilaian, dan seluruh validator telah memberikan persetujuan (*informed consent*) sebelum berpartisipasi dalam penelitian ini.

Data dikumpulkan melalui angket terstruktur berskala Likert yang menilai CITRA pada lima dimensi, yaitu (1) daya tahan alat dan kualitas konstruksi fisik, (2) akurasi konten dan integrasi antardisiplin ilmu, (3) kemudahan penggunaan dan kepraktisan di dalam kelas, (4) kualitas estetika dan daya tarik visual, serta (5) keamanan bagi siswa, yang dinilai menggunakan skala lima poin (1 = Tidak Memuaskan hingga 5 = Sangat Baik), dengan format bernomor genap yang secara sengaja meniadakan titik tengah yang bersifat netral

(Pappas et al., 2016). Skor dianalisis menggunakan rumus persentase kelayakan dan diinterpretasikan berdasarkan skala kriteria yang telah ditetapkan, yaitu 81–100% Sangat Layak, 61–80% Layak, 41–60% Cukup Layak, dan di bawah 40% Tidak Layak, dengan skor keseluruhan diperoleh dari rata-rata seluruh dimensi dan validator, sementara umpan balik kualitatif dianalisis secara tematik untuk mengarahkan revisi yang bersifat spesifik sebelum finalisasi media (Felitasari & usmini, 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap studi pendahuluan mengidentifikasi adanya kesenjangan pembelajaran yang jelas dalam pembelajaran sains terintegrasi mengenai siklus air, melalui analisis kurikulum dan observasi kelas yang dilakukan di madrasah tsanawiyah. Sumber belajar yang tersedia saat ini didominasi oleh penyajian siklus air melalui ilustrasi dua dimensi yang bersifat statis serta penjelasan yang berpusat pada guru (*teacher-centered*), sehingga membatasi kesempatan siswa untuk memvisualisasikan proses yang bersifat dinamis dan mengenali keterkaitan antara konsep biologi, kimia, dan fisika. Selain itu, materi-materi tersebut juga jarang memuat unsur etika lingkungan Islam ataupun perspektif keberlanjutan, meskipun keduanya relevan dengan kurikulum dan filosofi pendidikan madrasah. Temuan-temuan ini memberikan landasan pedagogis bagi pengembangan CITRA sebagai media interaktif yang merepresentasikan siklus air sebagai suatu sistem alam yang terintegrasi, sekaligus menyisipkan nilai-nilai lingkungan yang berakar pada *khalifah fil ardh, amanah*, dan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*).

Berdasarkan kebutuhan tersebut, tim peneliti mengembangkan CITRA (*Cycle of Water Interactive Integrated*) dengan mengikuti tiga tahap awal model pengembangan Borg and Gall, yaitu studi pendahuluan, pengembangan prototipe, dan validasi ahli (Gustiani, 2019). CITRA tidak dirancang sekadar berfungsi sebagai model fisik semata, melainkan untuk mendukung pembelajaran sains terintegrasi dengan memungkinkan siswa mengamati interaksi dinamis antara evaporasi, kondensasi, presipitasi, proses ekosistem, dan pelestarian lingkungan dalam satu pengalaman pembelajaran yang utuh. Prototipe tersebut selanjutnya menjalani tinjauan internal untuk mengevaluasi koherensi konseptual, integrasi antardisiplin ilmu, serta fungsionalitas operasionalnya, sebelum diajukan untuk validasi eksternal.

Tahap validasi melibatkan empat validator praktisi dari tiga lembaga pendidikan Islam, yaitu Vera Febriyana, S.Pd. (MTs Uyun Al-Hikam), Viki Afifah Almualimah, S.Pd. (MTs Darul Huda Mayak), Laudry Bayu Andriansah, S.Pd. (SMPIT Darur Rohmah), dan Luluk Fuadah, S.Pd. (MTs Al-Mukarrom). Para validator dipilih secara purposif karena memiliki pengalaman langsung dalam mengajar sains terintegrasi pada jenjang sekolah menengah pertama dan secara rutin menerapkan kegiatan pembelajaran praktik menggunakan media pembelajaran. Dalam penelitian pengembangan pendidikan, validasi ahli secara purposif dimaksudkan untuk mengevaluasi kesesuaian konten dan keterterapan di dalam kelas, bukan untuk mencapai keterwakilan secara statistik. Studi metodologis terdahulu telah mengindikasikan bahwa tiga hingga lima ahli yang kompeten pada umumnya sudah memadai untuk menetapkan validitas isi awal dan kelayakan suatu produk pendidikan, dengan syarat para ahli tersebut memiliki keahlian disipliner dan profesional yang relevan (Mauer et al., 2019; Sun et al., 2020). Dengan demikian, penggunaan empat praktisi sains yang berpengalaman dianggap sesuai secara metodologis untuk validasi kelayakan yang dilakukan dalam penelitian ini.

Validasi dilakukan menggunakan instrumen berskala Likert lima poin yang mencakup lima dimensi, yaitu daya tahan alat, akurasi konten, kemudahan penggunaan, estetika, dan keamanan siswa. Alih-alih hanya berfungsi sebagai indikator deskriptif semata, dimensi-

dimensi tersebut merepresentasikan aspek-aspek kualitas pembelajaran yang saling melengkapi, mencakup validitas pedagogis, kegunaan operasional, dan keterlaksanaan di dalam kelas. Skor dari keempat validator diagregasikan untuk menentukan kelayakan baik pada tingkat masing-masing dimensi maupun secara keseluruhan, sehingga memberikan bukti mengenai apakah media yang dikembangkan telah cukup matang untuk dilanjutkan ke tahap implementasi di kelas. Hasil validasi secara rinci disajikan pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Hasil Validasi Media Pembelajaran 3D CITRA

No	Aspek Validasi	Indikator	V1	V2	V3	V4	Rata-rata
1.	Daya Tahan Alat	Ketahanan terhadap cuaca	3	3	4	3	3,25
		Kemudahan perawatan	3	4	4	3	3,50
		Kemudahan pengelolaan operasional	5	4	4	4	4,25
2.	Akurasi Konten	Kesesuaian dengan kurikulum yang berlaku	5	5	4	4	4,50
		Kemampuan menjelaskan konsep sesuai indikator pembelajaran	4	4	4	4	4,00
3.	Kemudahan Penggunaan	Kemudahan perakitan	3	4	5	3	3,75
		Kemudahan penggunaan secara mandiri	4	4	3	3	3,50
		Efisiensi waktu penggunaan	3	4	5	3	3,75
4.	Estetika	Kesederhanaan bentuk dan warna	5	4	5	4	4,50
5.	Keamanan Siswa	Ketersediaan bahan yang aman	3	4	5	4	4,00
		Keamanan konstruksi bagi siswa	4	4	4	4	4,00
		Kemudahan penyimpanan dan pengambilan	4	4	4	4	4,00
	Skor Total		46	48	51	43	
	Skor Maksimum		60	60	60	60	
	Kelayakan (%)		76,67%	80%	85%	71,67%	
	Rata-rata Kelayakan (%)		78,33%				

Tabel 2. Ringkasan Skor Kelayakan Tiap Aspek Validasi

No	Aspek Validasi	V1 (%)	V2 (%)	V3 (%)	V4 (%)	Rata-rata (%)	Kategori
1.	Daya tahan alat	73,33	80,00	73,33	66,67	73,33	Layak
2.	Akurasi konten	90,00	80,00	90,00	80,00	85,00	Sangat Layak
3.	Kemudahan penggunaan	66,67	86,67	80,00	60,00	73,33	Layak
4.	Estetika	100,00	100,00	80,00	80,00	90,00	Sangat Layak
5.	Keamanan siswa	73,33	86,67	80,00	80,00	80,00	Layak
	Rata-rata Keseluruhan	76,67	85,00	80,00	71,67	78,33	Layak

Hasil validasi yang disajikan pada tabel 1 dan tabel 2 menunjukkan bahwa CITRA memperoleh skor kelayakan rata-rata keseluruhan sebesar 78,33%, yang menempatkan media ini dalam kategori Layak berdasarkan skala kriteria yang telah ditetapkan. Skor masing-masing validator berkisar antara 71,67% (V4, Luluk Fuadah, MTs Al-Mukarrom) hingga 85,00% (V3, Laundry Bayu Andryansah, SMPIT Darur Rohmah), yang mencerminkan adanya

variasi evaluatif dengan tingkat sedang di antara para validator, namun tetap menunjukkan validasi yang konsisten mengenai kesesuaian media secara keseluruhan untuk diimplementasikan di dalam kelas. Validator V2 (Viki Afifah Almualimah, MTs Darul Huda Mayak) memberikan skor sebesar 80,00%, dan V1 (Vera Febriyana, MTs Uyun Al-Hikam) memberikan skor sebesar 76,67%, yang keduanya berada dalam rentang kategori Layak. Konvergensi keempat penilaian independen tersebut baik berada pada maupun di atas ambang batas kategori Layak, meskipun para validator berasal dari tiga konteks kelembagaan yang berbeda mengindikasikan bahwa desain inti dan struktur konten media ini secara konsisten diakui sesuai dan fungsional di berbagai lingkungan madrasah tsanawiyah yang berbeda.

Ditinjau dari hasil pada tingkat dimensi, dua aspek dikategorikan Sangat Layak, yaitu Akurasi Konten (rata-rata 85,00%) dan Estetika (rata-rata 90,00%). Skor tinggi pada Akurasi Konten mencerminkan pengakuan para validator bahwa CITRA berhasil menyajikan siklus air melalui kerangka disipliner yang terintegrasi, menghubungkan proses biologis, sifat molekuler kimiawi, dan perubahan wujud zat secara fisis dalam satu media yang koheren sebuah fitur desain yang secara langsung menjawab kesenjangan lintas disiplin ilmu yang telah diidentifikasi pada bagian pendahuluan. Skor Estetika yang sangat tinggi, dengan V1 dan V2 sama-sama memberikan skor maksimal 5 untuk daya tarik visual dan kesederhanaan bentuk, mengindikasikan bahwa desain tiga dimensi media ini, skema warna, dan penyajian secara keseluruhan dinilai menarik secara visual dan sesuai untuk kelompok usia sasaran. Adapun tiga dimensi lainnya Daya Tahan Alat (rata-rata 73,33%), Kemudahan Penggunaan (rata-rata 73,33%), dan Keamanan Siswa (rata-rata 80,00%) dikategorikan Layak, dengan Keamanan Siswa mendekati ambang batas kategori Sangat Layak, yang menegaskan bahwa konstruksi fisik media ini dipandang cukup aman dan mudah dikelola untuk konteks kelas madrasah tsanawiyah.

Pada tingkat indikator, skor rata-rata tertinggi tercatat pada indikator kesesuaian dengan kurikulum yang berlaku (4,50) dan Kesederhanaan bentuk dan warna (4,50), yang keduanya memperoleh validasi penuh dari seluruh empat validator, sehingga mengindikasikan bahwa relevansi kurikuler dan desain visual CITRA merupakan atribut terkuatnya. Sebaliknya, skor rata-rata terendah teramati pada indikator Ketahanan terhadap cuaca (3,25) dan Kemudahan penggunaan secara mandiri (3,50), yang mengindikasikan bahwa daya tahan fisik media dalam jangka panjang serta kapasitasnya untuk dioperasikan siswa tanpa pendampingan merupakan aspek yang memerlukan penyempurnaan lebih lanjut pada pengembangan berikutnya. Temuan ini selaras dengan umpan balik kualitatif yang diberikan oleh para validator, yang mencatat bahwa penggunaan bahan berbasis kain dan ornamen ringan meskipun menarik secara visual berpotensi mengalami keausan akibat penggunaan berulang di kelas, dan bahwa sumber penjelasan tambahan seperti diagram tertulis atau panduan instruksional akan memperkuat kemampuan siswa untuk memahami konten kimiawi dan fisis media tersebut secara mandiri. Rekomendasi para validator ini telah diakomodasi dalam proses revisi pascavalidasi, yang menghasilkan penambahan panel deskriptif tercetak yang memuat rincian komponen media, konsep-konsep ilmiah, serta instruksi operasional secara langsung menjawab masukan V4 mengenai perlunya sumber deskriptif yang komprehensif untuk melengkapi model fisik tersebut.

Keempat validator menyampaikan penilaian keseluruhan yang positif terhadap CITRA dan tidak mengidentifikasi adanya kelemahan mayor dalam kapasitas media tersebut untuk merepresentasikan siklus air secara visual maupun fisik. Vera Febriyana (MTs Uyun Al-Hikam) memberikan afirmasi yang ringkas, mencatat kualitas media secara keseluruhan tanpa mengidentifikasi kekurangan yang signifikan. Viki Afifah Almualimah (MTs Uyun Al-

Hikam) memberikan tanggapan paling rinci, menyoroti visualisasi multidisipliner media terhadap evaporasi, kondensasi, dan presipitasi sebagai kekuatan utamanya, sembari mencatat bahwa bahan berbasis flanel berpotensi membatasi daya tahan dan bahwa ketergantungan komponen pompa pada listrik dapat menimbulkan kendala praktis; ia merekomendasikan penambahan diagram pendukung dan bantuan digital untuk memperkuat dimensi fisis dan kimiawi dari konten tersebut. Laudry Bayu Andryansah (SMPIT Darur Rohmah) mengapresiasi desain media yang sederhana dan dapat direplikasi, namun menyarankan pengurangan jumlah ornamen hewan guna mencegah gangguan visual, serta merekomendasikan penataan ulang urutan alur air agar mengikuti urutan yang secara pedagogis lebih akurat, yaitu kondensasi sebelum presipitasi. Luluk Fuadah (MTs Al-Mukarrom) menegaskan kejelasan dan daya tarik visual media, tidak mengidentifikasi kelemahan mayor, serta merekomendasikan pengembangan lembar deskriptif pendamping yang memuat rincian bahan, kerangka konseptual, dan makna dari akronim CITRA guna meningkatkan nilainya sebagai sumber belajar mandiri.

Deskripsi Media

CITRA (*Cycle of Water Interactive Integrated*) merupakan media pembelajaran sains interaktif tiga dimensi yang dirancang untuk memfasilitasi pemahaman siswa terhadap siklus air melalui pengamatan langsung dan keterlibatan aktif. Media ini mengintegrasikan konsep biologi, fisika, dan kimia dalam satu lingkungan belajar, sehingga memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi keterkaitan sains secara menyeluruh, alih-alih mempelajari masing-masing disiplin ilmu secara terpisah. Media ini menghadirkan representasi lingkungan alam yang realistis, mencakup ekosistem darat dan perairan, vegetasi, bentang alam, serta komponen atmosferik, sehingga memungkinkan peserta didik memvisualisasikan hubungan antara permukaan bumi, organisme hidup, dan proses atmosferik yang terlibat dalam siklus air. Tahapan-tahapan utama siklus tersebut evaporasi, kondensasi, dan presipitasi diberi label secara jelas guna memandu pengamatan ilmiah dan mendukung pemahaman konseptual.

Fitur interaktif CITRA memungkinkan siswa mengamati pergerakan air secara dinamis dan berlangsung nyata (*real time*), alih-alih hanya mengandalkan ilustrasi yang bersifat statis. Selama pengoperasian, uap air yang tampak merepresentasikan proses evaporasi, sementara aliran air dan tetesan air yang jatuh mendemonstrasikan kondensasi dan presipitasi, sehingga memungkinkan siswa untuk secara langsung menelusuri sirkulasi air yang berkesinambungan di alam. Melalui pengamatan langsung (*hands-on*) ini, peserta didik didorong untuk mengidentifikasi fenomena ilmiah, mengaitkan bukti yang dapat diamati dengan konsep-konsep teoretis, serta mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai mekanisme yang mendasari siklus air. Dengan mentransformasikan proses yang bersifat abstrak menjadi pengalaman yang dapat diamati dan bersifat interaktif, CITRA mendukung pembelajaran sains berbasis inkuiri, memperkuat pemahaman konseptual, dan mendorong integrasi yang bermakna antara biologi, fisika, dan kimia dalam pendidikan ilmu lingkungan.



Gambar 1. CITRA (Cycle of Water Interactive Integrated)

Skor kelayakan keseluruhan sebesar 78,33% menempatkan CITRA dalam kategori Layak, yang mengindikasikan bahwa media ini memenuhi kriteria minimum untuk diimplementasikan dalam pembelajaran sains di madrasah tsanawiyah. Hasil ini tidak sekadar menunjukkan penerimaan teknis semata, melainkan juga mengindikasikan bahwa suatu media pembelajaran yang mengintegrasikan konsep ilmiah, etika lingkungan Islam, dan perspektif keberlanjutan dapat dikembangkan tanpa mereduksi koherensi instruksionalnya. Temuan ini selaras dengan teori pembelajaran berbasis desain (*design-based learning theory*), yang menekankan bahwa media pendidikan hendaknya secara simultan menunjukkan validitas isi, kesesuaian pedagogis, dan kegunaan praktis, sebelum dilanjutkan ke tahap uji efektivitas (King & Henderson, 2018). Penilaian yang relatif konsisten di antara para validator dari sekolah yang berbeda juga mengindikasikan bahwa media ini berpotensi untuk diadaptasi ke dalam beragam konteks kelas.

Di antara seluruh dimensi yang dievaluasi, Akurasi Konten memperoleh salah satu penilaian tertinggi (85,00%), yang mencerminkan validasi yang kuat bahwa konsep-konsep ilmiah yang disisipkan dalam CITRA secara konseptual telah sesuai dan selaras dengan tujuan kurikulum. Temuan ini signifikan secara teoretis karena akurasi konseptual merupakan fondasi bagi pembelajaran yang bermakna. Menurut teori pembelajaran bermakna (*meaningful learning*) Ausubel, siswa membangun pengetahuan baru dengan menghubungkan informasi yang valid secara ilmiah dengan struktur kognitif yang telah dimiliki sebelumnya; oleh karena itu, representasi yang tidak akurat atau terfragmentasi dapat memicu miskonsepsi yang sulit untuk dikoreksi. Dalam pendidikan sains terintegrasi, representasi konseptual yang akurat menjadi semakin penting karena peserta didik diharapkan mampu mengenali keterkaitan antara proses biologis, fisis, dan kimiawi, alih-alih memperlakukannya sebagai topik-topik yang berdiri sendiri.

Penilaian tinggi pada Akurasi Konten dapat diinterpretasikan sebagai bukti bahwa para validator memandang CITRA berhasil merepresentasikan siklus air sebagai suatu fenomena sistemik. Alih-alih menyajikan evaporasi, kondensasi, dan presipitasi sebagai peristiwa yang berdiri sendiri-sendiri, media ini menggambarkan bagaimana transfer energi, perubahan wujud air, proses ekosistem, dan interaksi lingkungan berlangsung secara simultan dalam satu sistem alam yang utuh. Representasi ini selaras dengan pemikiran sistemik (*systems thinking*), yang telah diakui secara luas sebagai pendekatan esensial dalam pendidikan sains karena memungkinkan siswa memahami fenomena lingkungan yang kompleks melalui keterkaitan antarkomponen yang saling terhubung, alih-alih melalui penjelasan sebab-akibat

yang bersifat linear. Studi-studi terdahulu turut melaporkan temuan serupa, bahwa representasi yang terintegrasi meningkatkan kemampuan siswa untuk menghubungkan konsep-konsep lintas disiplin ilmu sekaligus mengurangi pemahaman yang terfragmentasi (Pellas et al., 2016). Oleh karena itu, skor Akurasi Konten yang tinggi tidak sekadar mengindikasikan ketepatan faktual semata, melainkan juga menunjukkan bahwa media ini memiliki potensi pedagogis yang kuat untuk memfasilitasi integrasi konseptual dalam pembelajaran sains.

Dari perspektif pendidikan sains terintegrasi, temuan ini memiliki implikasi instruksional yang penting. Siklus air merepresentasikan sebuah fenomena yang secara alami memadukan prinsip biologi, fisika, dan kimia. Oleh karena itu, media pembelajaran hendaknya mendorong siswa untuk menyusun penjelasan yang bersifat interdisipliner, alih-alih menghafalkan fakta-fakta disipliner secara terpisah. Dengan menyajikan konsep-konsep tersebut dalam satu visualisasi yang utuh, CITRA mendukung tujuan kurikulum sains terintegrasi, yang menekankan koherensi konseptual, penalaran ilmiah, dan kemampuan menjelaskan fenomena dunia nyata melalui berbagai perspektif keilmuan. Meskipun penelitian ini tidak mengukur pemahaman konseptual siswa secara langsung, hasil validasi yang kuat mengindikasikan bahwa media ini menyediakan fondasi konseptual yang tepat bagi penelitian selanjutnya yang mengkaji efektivitasnya dalam meningkatkan pemahaman konseptual dan pemikiran sistemik.

Dimensi estetika memperoleh skor tertinggi (90,00%), yang mengindikasikan validasi yang kuat mengenai kualitas visual dan daya tarik instruksional media tersebut. Temuan ini dapat diinterpretasikan melalui *Cognitive Theory of Multimedia Learning*, yang mengemukakan bahwa representasi visual yang bermakna memfasilitasi pemrosesan kognitif ketika representasi tersebut mengorganisasikan informasi yang kompleks ke dalam model mental yang koheren. Visualisasi tiga dimensi memungkinkan siswa mengamati hubungan spasial dan proses dinamis yang sulit dikomunikasikan hanya melalui ilustrasi buku teks semata. Studi-studi terdahulu telah menunjukkan bahwa media visual yang dirancang dengan baik meningkatkan perhatian peserta didik, mengurangi beban kognitif yang terkait dengan konsep-konsep abstrak, dan mendorong keterlibatan konseptual yang lebih mendalam. Oleh karena itu, penilaian estetika yang tinggi ini tidak sekadar mencerminkan daya tarik visual semata, melainkan juga fungsi instruksional visualisasi dalam mendukung pemahaman ilmiah.

Dimensi daya tahan alat (73,33%), kemudahan penggunaan (73,33%), dan keamanan siswa (80,00%) dikategorikan layak, yang mengindikasikan bahwa beberapa aspek praktis memerlukan penyempurnaan sebelum implementasi yang lebih luas dilakukan. Komentar para validator menunjukkan bahwa perbaikan hendaknya difokuskan terutama pada penguatan daya tahan struktural dan penyederhanaan prosedur operasional. Temuan ini selaras dengan penelitian pengembangan pada umumnya, di mana prototipe tahap awal seringkali lebih mengutamakan inovasi pedagogis sebelum optimalisasi konstruksi fisik. Dari perspektif desain, umpan balik semacam ini bernilai penting karena kegunaan (*usability*) secara langsung memengaruhi fidelitas implementasi di dalam kelas. Media pendidikan yang kuat secara konseptual namun sulit secara operasional berpotensi mengurangi kesediaan guru untuk mengintegrasikannya ke dalam pembelajaran reguler. Oleh karena itu, revisi selanjutnya hendaknya meningkatkan daya tahan bahan dan kesederhanaan operasional, sembari tetap mempertahankan karakteristik instruksional yang berkontribusi terhadap tingginya penilaian pada kualitas konten dan estetika.

Di luar karakteristik fisiknya, CITRA turut memberikan kontribusi konseptual bagi pengembangan pendidikan sains terintegrasi. Banyak sumber pembelajaran yang masih

mengorganisasikan pengetahuan ilmiah berdasarkan sekat-sekat disiplin ilmu, padahal fenomena lingkungan yang autentik jarang terjadi dalam ranah yang terisolasi. Dengan memposisikan siklus air sebagai fenomena yang terintegrasi, CITRA merefleksikan perspektif kontemporer yang mengadvokasi pembelajaran sains interdisipliner guna mengembangkan literasi ilmiah. Hasil validasi yang positif ini oleh karena itu mengindikasikan bahwa media pembelajaran dapat berhasil mendukung pembelajaran yang terintegrasi tanpa mengorbankan akurasi disipliner, sekaligus menyediakan model alternatif bagi pengembangan sumber belajar sains yang menjembatani biologi, kimia, dan fisika dalam satu konteks instruksional yang koheren.

Kontribusi lain dari CITRA terletak pada penyisipan etika lingkungan Islam di dalamnya. Alih-alih menghadirkan nilai-nilai religius sebagai informasi tambahan semata, media ini menyisipkan konsep *khalifah fil ardh* dan *amanah* sebagai perspektif etis yang menyertai eksplorasi ilmiah. Pendekatan ini selaras dengan literatur pendidikan Islam, yang menekankan bahwa pengetahuan ilmiah dan tanggung jawab moral hendaknya dikembangkan secara simultan. Yang tak kalah penting, penilaian Akurasi Konten yang tinggi mengindikasikan bahwa penyisipan perspektif Islam tidak mengorbankan ketelitian ilmiah. Sebaliknya, temuan ini menunjukkan bahwa nilai-nilai religius dapat melengkapi penjelasan ilmiah dengan memberikan makna etis pada pelestarian lingkungan, sembari tetap mempertahankan integritas konseptual. Meskipun penelitian ini tidak mengevaluasi perubahan sikap lingkungan siswa, penelitian ini menunjukkan kelayakan pengintegrasian nilai-nilai lingkungan berbasis keimanan ke dalam media pembelajaran sains.

Pengintegrasian SDG 4 dan SDG 6 semakin memperkuat relevansi edukatif CITRA dengan menempatkan pembelajaran siklus air dalam konteks pembangunan berkelanjutan yang lebih luas. Pendidikan sains masa kini semakin menekankan tidak hanya pemahaman konseptual, tetapi juga pengembangan kompetensi yang diperlukan untuk menghadapi tantangan lingkungan. Dengan mengaitkan konsep siklus air dengan konservasi air dan tanggung jawab lingkungan, media ini menyelaraskan pembelajaran di kelas dengan isu-isu keberlanjutan yang autentik. Kontekstualisasi ini selaras dengan studi-studi terdahulu yang berpendapat bahwa pendidikan sains yang berorientasi pada keberlanjutan memperkuat relevansi pengetahuan ilmiah dengan kehidupan sehari-hari siswa serta mendorong pengambilan keputusan yang bertanggung jawab terhadap lingkungan (Mustika et al., 2025). Meskipun capaian keberlanjutan berada di luar cakupan penelitian ini, integrasi tersebut menyediakan landasan teoretis bagi penelitian selanjutnya yang mengkaji literasi lingkungan dan kompetensi keberlanjutan.

Beberapa keterbatasan perlu diakui dalam penelitian ini. Pertama, penelitian ini hanya mengevaluasi kelayakan media, sehingga tidak dapat memberikan bukti mengenai efektivitas pembelajaran, peningkatan konseptual, pemikiran sistemik, atau kesadaran lingkungan pada diri siswa. Dengan demikian, temuan penelitian ini hendaknya diinterpretasikan sebagai bukti kesiapan instruksional, bukan dampak edukatif. Kedua, panel validasi hanya terdiri atas praktisi kelas semata dan tidak melibatkan spesialis konten sains, ahli media pembelajaran, maupun pakar pendidikan Islam. Penelitian selanjutnya perlu memperluas keterlibatan ahli sekaligus melakukan evaluasi eksperimental guna menentukan apakah kelayakan yang kuat sebagaimana ditunjukkan dalam penelitian ini benar-benar berimplikasi pada peningkatan yang terukur dalam pembelajaran sains terintegrasi, pemahaman konseptual, dan literasi lingkungan.

KESIMPULAN

Penelitian ini mengembangkan dan memvalidasi CITRA (*Cycle of Water Interactive Integrated*), sebuah media pembelajaran sains tiga dimensi yang mengintegrasikan dimensi biologis, kimiawi, dan fisis dari siklus air dengan etika lingkungan Islam berupa *khalifah fil ardh* dan *amanah*, sekaligus mendukung SDG 4 dan SDG 6. Dengan menggunakan tiga tahap awal model Borg and Gall, CITRA memperoleh skor kelayakan keseluruhan sebesar 78,33% (Layak), dengan Akurasi Konten (85,00%) dan Estetika (90,00%) dinilai Sangat Layak oleh empat validator praktisi. Temuan ini menunjukkan bahwa konten ilmiah yang terintegrasi, nilai-nilai Islam, dan perspektif keberlanjutan dapat dipadukan dalam satu media pembelajaran tanpa mengorbankan kelayakan instruksionalnya. Penelitian ini memberikan kontribusi berupa kerangka kerja yang dapat direplikasi untuk mengembangkan media sains terintegrasi di madrasah tsanawiyah. Namun demikian, temuan penelitian ini terbatas pada validasi kelayakan dan belum menetapkan kepraktisan maupun efektivitas dalam meningkatkan pemahaman konseptual, literasi lingkungan, atau pengembangan karakter siswa. Penelitian selanjutnya perlu melakukan uji coba kepraktisan dan efektivitas di dalam kelas, melibatkan validasi ahli yang lebih luas, serta lebih lanjut menyempurnakan CITRA melalui desain yang lebih tahan lama dan teknologi mutakhir seperti realitas tertambah (*augmented reality*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada Universitas Islam Negeri Kiai Ageng Muhammad Besari Ponorogo atas dukungan akademik yang diberikan sepanjang penelitian ini. Apresiasi yang setinggi-tingginya juga disampaikan kepada para validator dan praktisi sains atas waktu, umpan balik yang konstruktif, serta pertimbangan profesional yang berharga selama proses validasi media pembelajaran CITRA. Masukan-masukan yang mereka berikan telah memberikan kontribusi yang signifikan terhadap penyempurnaan dan perbaikan produk yang dikembangkan. Para penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh kolega yang telah memberikan bantuan teknis, diskusi, serta dukungan moral selama proses perancangan dan pengembangan penelitian ini. Terakhir, para penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang kontribusinya, baik secara langsung maupun tidak langsung, telah membantu terselesaikannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aka, K. A. (2019). Integration Borg & Gall (1983) and Lee & Owen (2004) models as an alternative model of design- based research of interactive multimedia in elementary school. *IOP Publishing Conference Series: Journal of Physics*, 1983, 0–8. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1318/1/012022>
- Ampartzaki, M., Kalogiannakis, M., & Papadakis, S. (2021). education sciences Deepening Our Knowledge about Sustainability Education in the Early Years : Lessons from a Water Project. *Edusci*, 11(251), 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/educsci11060251>
- Anderson, T., & Rivera-vargas, P. (2020). A Critical look at Educational Technology from a Distance Education Perspective. *Digital Education*, 37, 208–229. <https://doi.org/http://greav.ub.edu/der/209>
- Bidarra, J., & Rusman, E. (2017). Towards a pedagogical model for science education : bridging educational contexts through a blended learning approach. *Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning*, 0513(January), 1–15. <https://doi.org/10.1080/02680513.2016.1265442>

- del Cerro Velázquez, F., & Méndez, G. M. (2018). *Augmented Reality and Mobile Devices : A Binominal Methodological Resource for Inclusive Education (SDG 4). An Example in Secondary Education. Sdg 4*. <https://doi.org/10.3390/su10103446>
- Ernawati, L., Kholis, N., & Zainiyati, H. S. (2025). Development of Integrated Spiritual , Moral , and Scientific (SMS) Islamic Education Instructional Materials for High School Students. *Al-Hayat: Juornal of Islamic Education*, 9(3), 646. <https://doi.org/https://doi.org/10.35723/ajie.v9i3.179>
- Felitasari, A., & usmini. (2022). Development of E-Worksheet Assisted by Liveworksheets to Improve Science Process Skills and Collaboration on Chemical Equilibrium Materials. *SCIENTIAE EDUCATIA: JURNAL PENDIDIKAN SAINS*, 11(1), 10–23. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24235/sc.educatia.v11i1.10235>
- Gustiani, S. (2019). RESEARCH AND DEVELOPMENT (R & D) METHOD AS A MODEL DESIGN IN EDUCATIONAL RESEARCH AND ITS ALTERNATIVES. *HOLISTICS JOURNAL*, 11(2), 12–22. <https://doi.org/Doi:10.1088/1757-899X/296/1/012003>
- Hafidatullaili, Herowati, & Matlubah, H. (2026). EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN IPA BERBASIS SDGs UNTUK MENINGKATKAN KESADARAN LINGKUNGAN SISWA SMP. *Seminar Nasional SENCO*, 2(15), 154–157.
- Haryadi, R., Pujiastuti, H., & Wahyu, D. (2026). Computers & Education : X Reality Interactive visualization of thermodynamic concepts through augmented reality to improve critical thinking. *Computers & Education: X Reality*, 8(January), 100137. <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2026.100137>
- King, D., & Henderson, S. (2018). Context-based learning in the middle years : achieving resonance between the real-world field and environmental science concepts. *International Journal of Science Education*, 0(0), 1–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1470352>
- Mauer, L. J., Forny, L., Meunier, V. D. M., & Taylor, L. S. (2019). *Optimizing the Quality of Food Powder Products : The Challenges of Moisture-Mediated Phase Transformations*. 457–478.
- Mustika, R. A., Fadly, W., & David, M. (2025). *Students ' Socio-scientific Reasoning to Measure Decision-Making Ability Related to Sustainable Energy Issues*. 6(1), 220–228. <https://doi.org/10.46843/jiecr.v6i1.2185>
- Pappas, R. A., Remer, D. S., Pappas, R. A., & Remer, D. (2016). Measuring R & D Productivity. *RESEARCH MANAGEMENT*, 5334(1985), 15–22. <https://doi.org/10.1080/00345334.1985.11756896>
- Parker, L. (2016). *Religious environmental education? The new school curriculum in Indonesia Indonesia*. 4622(March). <https://doi.org/10.1080/13504622.2016.1150425>
- Pellas, N., Kazanidis, I., Konstantinou, N., & Georgiou, G. (2016). Exploring the educational potential of three-dimensional multi-user virtual worlds for STEM education : A mixed-method systematic literature review. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-016-9537-2>
- Rahman, A. K. (2022). Islamic Environmental Ethics: A Model for Shaping Muslim Attitudes in Helping to Promote Environmental Education, Awareness and Activism. *Master's Thesis, University of Wales Trinity Saint David (United Kingdom)*.
- Sadler, T. D., Nguyen, H., & Lankford, D. (2016). *Water systems understandings : a framework for designing instruction and considering what learners know about water*. <https://doi.org/10.1002/wat2.1178>
- Sun, C., Shute, V. J., Stewart, A., Yonehiro, J., Duran, N., & Mello, S. D. (2020). Computers

& Education Towards a generalized competency model of collaborative problem solving. *Computers & Education*, 143(July 2019), 103672. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103672>

Utami, R., Ajizah, N., Ummah, W., & Jauhari, I. (2026). Faith-Driven Pedagogy for Sustainable Futures : Integrating Spiritual Values into Transformative Education Models. *Proceeding International Conference on Religion, Science and Education*, 5, 35–47.