

PENGARUH MEDIA PAKGATA BERBASIS AUGMENTED REALITY DENGAN PENDEKATAN TARL DAN CRT TERHADAP PEMAHAMAN SISWA KELAS IV SD TENTANG JEJAK KARBON

Anita Kuniawati¹, Rosmiati²

^{1,2}PPG PGSD FIP Universitas PGRI Adi Buana Surabaya

anitakuniawati@gmail.com , rosmiati@unipasby.ac.id,

ABSTRACT

This classroom action research aims to examine the effectiveness of the Augmented Reality (AR)-based learning media PAKGATA (Paku Gantung Bercerita), integrated with the Teaching at the Right Level (TaRL) and Culturally Responsive Teaching (CRT) approaches, in enhancing fourth-grade elementary students' understanding of the carbon footprint concept. The research was conducted in two cycles involving 28 students from class 4D at SDN Kaliasin 1 Surabaya. In the first cycle, the media did not yet include AR features and the worksheets were not differentiated, resulting in low student engagement and a passive learning environment. In the second cycle, the AR-based PAKGATA media was enhanced and integrated with TaRL and CRT through leveled and contextual worksheets. The results showed a significant improvement in students' learning outcomes, with the average score increasing from 61.29 in Cycle I to 88.00 in Cycle II. The calculated effect size using Cohen's d was 2.30, indicating a very large effect. Observational and interview data further supported the quantitative findings, revealing increased student participation, engagement, and contextual understanding. This study concludes that the integration of AR-based PAKGATA media with TaRL and CRT approaches is highly effective in improving elementary students' environmental literacy, particularly in understanding the carbon footprint concept.

Keywords: PAKGATA, Augmented Reality, carbon footprint, TaRL, CRT

ABSTRAK

Penelitian tindakan kelas ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas media pembelajaran PAKGATA (Paku Gantung Bercerita) berbasis Augmented Reality (AR) yang terintegrasi dengan pendekatan *Teaching at the Right Level* (TaRL) dan *Culturally Responsive Teaching* (CRT) dalam meningkatkan pemahaman siswa kelas IV SD terhadap konsep *carbon footprint*. Penelitian dilaksanakan dalam dua siklus pada 28 siswa kelas 4D SDN Kaliasin 1 Surabaya. Pada siklus I, media belum berbasis AR dan LKPD belum dibedakan sesuai tingkat kemampuan, sehingga keterlibatan siswa rendah dan suasana kelas cenderung pasif. Pada siklus II, media PAKGATA ditingkatkan dengan integrasi fitur AR dan pendekatan TaRL serta CRT melalui LKPD yang dilengkapi barcode interaktif dan

disesuaikan dengan konteks budaya sekolah. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan signifikan dalam capaian belajar, dengan rata-rata nilai meningkat dari 61,29 pada siklus I menjadi 88,00 pada siklus II. Perhitungan *effect size* menggunakan rumus Cohen's *d* sebesar 2,30 menunjukkan pengaruh yang sangat besar. Data observasi dan wawancara mendukung temuan kuantitatif, yang menunjukkan peningkatan keaktifan siswa, keterlibatan dalam diskusi, dan pemahaman yang lebih kontekstual. Dengan demikian, integrasi media PAKGATA berbasis AR dengan pendekatan TaRL dan CRT terbukti efektif dalam meningkatkan literasi lingkungan siswa, khususnya pemahaman terhadap konsep jejak karbon sejak usia sekolah dasar.

Kata Kunci: PAKGATA, *Augmented Reality*, jejak karbon, TaRL, CRT

A. Pendahuluan

Pendidikan dasar memiliki peran penting dalam membentuk pemahaman siswa terhadap lingkungan sekitar, khususnya pada kelas IV Sekolah Dasar (SD) melalui mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS). Materi mengenai jejak karbon (*carbon footprint*) dalam tema "Menjadi Pahlawan Lingkungan" bertujuan menumbuhkan kesadaran siswa tentang dampak aktivitas manusia terhadap perubahan iklim melalui emisi gas rumah kaca (Kemendikbudristek, 2021; World Resources Institute, 2023). Namun, konsep *carbon footprint* yang bersifat abstrak kerap sulit dipahami siswa jika pembelajaran masih menggunakan metode konvensional tanpa dukungan media yang menarik

dan relevan dengan konteks mereka (Sari & Permana, 2022).

Rendahnya minat dan pemahaman siswa terhadap materi ini menjadi tantangan dalam pembelajaran IPAS di kelas IV. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam metode dan media pembelajaran yang mampu meningkatkan keterlibatan siswa sekaligus membantu pemahaman konsep yang sulit (Rahmawati et al., 2023). Pemanfaatan teknologi *Augmented Reality* (AR) sebagai media pembelajaran menunjukkan potensi meningkatkan motivasi dan pemahaman siswa terhadap materi yang kompleks (Putra & Santoso, 2021). Salah satu media inovatif adalah PAKGATA (Paku Gantung Bercerita), sebuah papan kayu yang dilengkapi kartu gambar interaktif dengan teknologi AR, sehingga materi dapat divisualisasikan secara

nyata dan proses belajar menjadi lebih menyenangkan (Hayya', 2023). Media PAKGATA ini diintegrasikan dengan pendekatan pembelajaran berdiferensiasi berbasis Teaching at the Right Level (TaRL) dan Culturally Responsive Teaching (CRT). Pendekatan TaRL menyesuaikan materi dan tugas sesuai dengan tingkat kemampuan siswa, yang dibagi menjadi kelompok mahir, sedang berkembang, dan perlu bimbingan, sehingga siswa belajar sesuai kesiapan mereka (Safitri et al., 2024). Sementara itu, pendekatan CRT mengaitkan pembelajaran dengan konteks budaya dan lingkungan siswa, seperti pembuatan poster bertema "Sekolahku Rendah Karbon" yang selaras dengan program Adiwiyata di SDN Kaliasin 1 (Nisa & Kurnia, 2024). Pendekatan ini terbukti efektif dalam meningkatkan relevansi dan kebermaknaan pembelajaran di kelas (Yulianti, 2022).

Dengan integrasi media PAKGATA berbasis AR serta pendekatan TaRL dan CRT, diharapkan dapat meningkatkan keterlibatan aktif siswa dan pemahaman konsep carbon footprint secara signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi

pengaruh media tersebut terhadap pemahaman siswa kelas IV SD melalui Penelitian Tindakan Kelas (PTK) dua siklus dan analisis statistik menggunakan Cohen's d sebagai ukuran efek intervensi pembelajaran.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan Penelitian Tindakan Kelas (PTK) berdasarkan model Kemmis dan McTaggart yang meliputi empat tahap dalam setiap siklus, yaitu perencanaan, pelaksanaan tindakan, observasi, dan refleksi (Arikunto, 2021; Sari & Utami, 2022). PTK dilaksanakan dalam dua siklus dengan tujuan utama meningkatkan pemahaman siswa mengenai konsep carbon footprint dalam tema "Menjadi Pahlawan Lingkungan" pada mata pelajaran IPAS kelas IV SD. Intervensi dilakukan melalui pemanfaatan media PAKGATA berbasis Augmented Reality (AR), yang diintegrasikan dengan pendekatan Teaching at the Right Level (TaRL) dan Culturally Responsive Teaching (CRT).

Subjek penelitian adalah 28 siswa kelas IV-D SDN Kaliasin 1 Surabaya yang telah dikelompokkan berdasarkan kesiapan belajar

menjadi tiga kategori: kelompok mahir, sedang berkembang, dan perlu bimbingan. Pengelompokan ini dilakukan berdasarkan hasil pre-test awal yang menunjukkan sebagian besar siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep carbon footprint dan relevansinya dengan aktivitas sehari-hari (Rahman & Hidayat, 2023).

Pada siklus I, yang dilaksanakan pada tanggal 14 Mei 2025, pembelajaran menggunakan media PAKGATA sebagai alat bantu visual interaktif, namun belum dilengkapi fitur AR dan belum terintegrasi dengan LKPD yang disesuaikan dengan pendekatan TaRL dan CRT. Pembelajaran masih bersifat umum tanpa penyesuaian sesuai tingkat kesiapan belajar siswa (Putri et al., 2023).

Siklus II, dilaksanakan tanggal 19 Mei 2025, media PAKGATA telah dikembangkan dengan tambahan barcode AR pada setiap kartu gambar dan LKPD. Selain satu media utama untuk demonstrasi kelas, juga disediakan media kelompok yang digunakan secara mandiri oleh siswa. Setiap kelompok memperoleh LKPD yang disesuaikan dengan level kesiapan belajar mereka. Siswa

memindai barcode pada LKPD untuk menampilkan objek AR, mencocokkan dengan kartu gambar, dan menyusun informasi pada papan media. Di bagian akhir LKPD, siswa membuat poster tematik sesuai konteks budaya dan program lingkungan sekolah, sebagai bagian dari penerapan CRT (Nisa & Kurnia, 2024).

Instrumen penelitian terdiri dari lembar observasi aktivitas siswa, soal pre-test dan post-test, serta dokumentasi dan catatan lapangan. Data dikumpulkan melalui observasi langsung, tes tertulis, dan analisis hasil karya siswa. Analisis kuantitatif dilakukan dengan menghitung rata-rata nilai tes pemahaman setiap siklus. Untuk mengukur efektivitas intervensi, digunakan rumus Cohen's d dengan membandingkan selisih rata-rata dan standar deviasi gabungan hasil post-test siklus I dan II (Lakens, 2021; Wijaya & Kusuma, 2022). Data kualitatif dari observasi dan dokumentasi dianalisis secara deskriptif dengan tahap reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan (Miles et al., 2020).

C.Hasil Penelitian dan Pembahasan

Penelitian tindakan kelas ini dilaksanakan di kelas 4D SDN Kaliasin 1 Surabaya dengan fokus pada peningkatan pemahaman siswa terhadap konsep carbon footprint sebagai bagian dari materi “Menjadi Pahlawan Lingkungan”. Materi ini membahas dampak aktivitas manusia terhadap peningkatan jejak karbon serta kaitannya dengan pemanasan global dan krisis iklim, yang merupakan isu krusial dalam pendidikan lingkungan saat ini (IPCC, 2023). Pada siklus I, proses pembelajaran sudah menggunakan satu media utama PAKGATA (Paku Gantung Bercerita), namun belum berbasis Augmented Reality dan belum terintegrasi dengan pendekatan TaRL dan CRT. Kondisi ini menyebabkan suasana kelas cenderung pasif, serta keterlibatan siswa dalam diskusi dan eksplorasi materi masih minim, sesuai dengan temuan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa pembelajaran konvensional tanpa dukungan media interaktif seringkali membuat siswa kurang termotivasi dan kesulitan memahami konsep abstrak seperti carbon footprint (Sari & Permana,

2022). Aktivitas pembelajaran yang masih berpusat pada guru juga berkontribusi pada rendahnya pengalaman belajar yang menyenangkan dan bermakna bagi siswa (Rahmawati et al., 2023).

Hasil tes tulis pada siklus I menunjukkan bahwa dari 28 siswa, sebanyak 4 siswa memperoleh nilai 48, 6 siswa mendapatkan nilai 56, 5 siswa memperoleh nilai 60, 6 siswa mendapatkan nilai 64, 4 siswa memperoleh nilai 68, 1 siswa meraih nilai 72, dan 2 siswa mendapatkan nilai 80. Data ini mengindikasikan bahwa sebagian besar siswa masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep carbon footprint dan relevansinya dengan aktivitas sehari-hari, yang sesuai dengan literatur yang menegaskan perlunya pendekatan pembelajaran yang lebih kontekstual dan berbasis pengalaman agar konsep lingkungan dapat dipahami dengan lebih baik (Nisa & Kurnia, 2024).

Tabel 1. Rekapitulasi Nilai Tes Tulis Siklus I

Nilai	Jumlah Siswa
< 50	4 siswa
51–60	11 siswa
61–70	10 siswa
71–80	3 siswa
81–90	0 siswa
91–99	0 siswa
100	0 siswa
Total	28 siswa

Secara statistik deskriptif, nilai siswa pada siklus I menunjukkan sebaran yang rendah, dengan nilai terendah sebesar 48 dan nilai tertinggi 80. Sebagian besar siswa berada pada kategori sedang berkembang, dan pembelajaran belum berhasil meningkatkan pemahaman konseptual siswa secara optimal. Berdasarkan observasi kelas, tampak bahwa siswa belum menunjukkan antusiasme dalam mengikuti pembelajaran. Interaksi dua arah minim, dan beberapa siswa hiperaktif tampak kurang fokus karena tidak mendapatkan aktivitas yang sesuai dengan karakteristik dan kesiapan belajarnya. Kondisi ini sejalan dengan temuan sebelumnya bahwa ketika strategi pembelajaran tidak disesuaikan dengan kebutuhan siswa, maka partisipasi aktif dan pemahaman materi cenderung rendah (Istiqomah, Reffiane, & Sanjaya, 2024).

Pada siklus II, guru mulai menerapkan media pembelajaran PAKGATA berbasis Augmented Reality (AR) yang dirancang secara visual dan interaktif untuk menarik perhatian siswa serta mempermudah mereka memahami konsep *carbon footprint* yang bersifat abstrak

menjadi lebih konkret. Media ini terintegrasi dengan pendekatan *Teaching at the Right Level* (TaRL) melalui LKPD yang dibedakan sesuai level kemampuan siswa (mahir, sedang berkembang, dan perlu bimbingan), serta pendekatan *Culturally Responsive Teaching* (CRT) melalui tugas membuat konten informatif bertema “sekolah rendah karbon.” Penerapan AR dalam pendidikan dasar terbukti efektif untuk membantu siswa mengaitkan konsep ilmiah dengan dunia nyata melalui visualisasi dan pengalaman belajar yang menarik (Pradita, Aeni, & Sujana, 2024).

Setiap kelompok siswa menggunakan satu media PAKGATA kelompok, sementara guru menggunakan satu media utama di depan kelas untuk demonstrasi. Siswa hiperaktif diberi peran sebagai model dalam mendemonstrasikan penggunaan media, sehingga energi mereka tersalurkan secara positif dan keterlibatan mereka meningkat dalam proses pembelajaran. Strategi ini relevan dengan pendekatan diferensiasi yang tidak hanya menyesuaikan materi dengan kesiapan akademik, tetapi juga mempertimbangkan karakter dan

gaya belajar siswa (Puspitasari et al., 2024).

Hasil tes tulis pada siklus II menunjukkan peningkatan signifikan dalam pemahaman siswa terhadap materi *carbon footprint*. Dari 28 siswa, sebanyak 1 siswa memperoleh nilai 60, 1 siswa mendapatkan nilai 68, 3 siswa meraih nilai 72, 1 siswa memperoleh nilai 80, 5 siswa mendapatkan nilai 84, 8 siswa meraih nilai 92, 4 siswa mencapai nilai 96, dan 5 siswa berhasil memperoleh nilai sempurna yaitu 100. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa penggunaan media interaktif berbasis AR dan strategi pembelajaran berdiferensiasi mampu menjawab kebutuhan belajar siswa secara lebih tepat, sesuai dengan konteks dan tingkat kesiapan mereka (Ratnawati, Hakim, & Mukti, 2024). Rangkuman nilai siswa pada siklus II dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Rekapitulasi Nilai Tes Tulis Siklus II

Nilai	Jumlah Siswa
51-60	1 siswa
61-70	1 siswa
71-80	4 siswa
81-90	5 siswa
91-99	12 siswa
100	5 siswa
Total	28 siswa

Secara statistik deskriptif, rata-rata nilai pada siklus II mencapai 88,00, dengan nilai terendah 60 dan tertinggi 100. Jika dibandingkan dengan rata-rata nilai siklus I sebesar 61,29, terdapat peningkatan sebesar 26,71 poin. Data ini menunjukkan bahwa penggunaan media PAKGATA berbasis AR yang dipadukan dengan pendekatan TaRL dan CRT mampu meningkatkan pemahaman siswa secara signifikan. Sebagian besar siswa berada pada kategori nilai baik dan sangat baik, yang mencerminkan keberhasilan tindakan dalam meningkatkan kualitas proses dan hasil belajar siswa secara menyeluruh (Rahmawati & Suryani, 2023).

Observasi selama siklus II menunjukkan perubahan positif dalam sikap dan keaktifan siswa. Siswa terlihat lebih terlibat aktif dalam setiap tahapan pembelajaran, mulai dari diskusi kelompok, menjawab pertanyaan, hingga mencoba langsung media PAKGATA berbasis Augmented Reality (AR). Mereka mulai memahami bahwa tindakan sederhana seperti menghemat listrik, membawa botol minum sendiri, dan mengurangi penggunaan plastik sekali pakai dapat membantu

menurunkan carbon footprint. Temuan ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang menekankan bahwa media berbasis teknologi dapat membangun pemahaman konseptual siswa dan meningkatkan kesadaran lingkungan (Pradita, Aeni, & Sujana, 2024).

Siswa yang semula pasif mulai menunjukkan keberanian untuk bertanya dan berpendapat, sedangkan siswa hiperaktif yang dilibatkan sebagai model dalam demonstrasi media menjadi lebih fokus dan terkontrol. Suasana kelas pun berubah menjadi lebih kondusif, interaktif, dan menyenangkan, sehingga pembelajaran berlangsung lebih hidup dan bermakna. Hal ini sejalan dengan prinsip pembelajaran berdiferensiasi yang menempatkan kebutuhan dan kesiapan siswa sebagai landasan utama dalam perencanaan kegiatan belajar (Safitri et al., 2024).

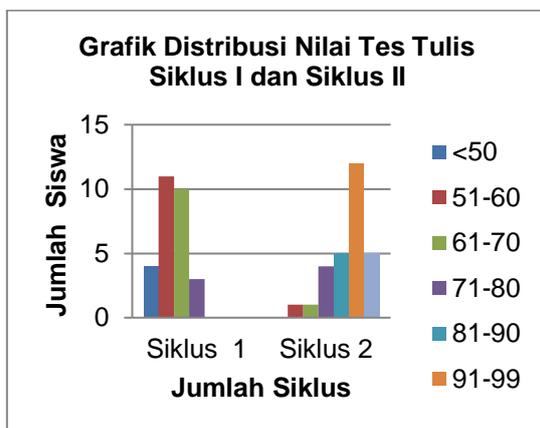
Lebih lanjut, hasil wawancara dengan siswa memperkuat temuan observasi tersebut. Hal ini didukung oleh pernyataan salah satu siswa yang menyebutkan, "Senang belajar pakai media, Bu. Saya jadi paham kenapa kalau boros listrik itu tidak baik, karena bisa menambah jejak

karbon." Siswa lainnya juga menambahkan, "Belajarnya menyenangkan, Bu. Jadi terbayang, kalau kita tidak peduli lingkungan, itu bisa membuat bumi semakin panas." Ungkapan-ungkapan ini menunjukkan bahwa media pembelajaran yang menarik dan pendekatan yang sesuai dengan kebutuhan siswa mampu meningkatkan kenyamanan belajar serta mempermudah mereka dalam memahami konsep carbon footprint yang sebelumnya terasa abstrak (Amalia, Pratama, Pratiwi, & Fujiarti, 2023).

Berdasarkan temuan kuantitatif dan kualitatif, dapat disimpulkan bahwa penerapan media PAKGATA berbasis AR yang dipadukan dengan pendekatan Teaching at the Right Level (TaRL) dan Culturally Responsive Teaching (CRT) terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa kelas 4D SDN Kaliasin 1 Surabaya mengenai konsep carbon footprint. Peningkatan signifikan pada hasil belajar siswa, yang tercermin dari rata-rata nilai yang naik dari 61,29 menjadi 88,00, selaras dengan peningkatan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran serta pengakuan positif dari siswa melalui wawancara. Hal ini

membuktikan bahwa strategi pembelajaran yang variatif dan disesuaikan dengan karakteristik peserta didik mampu menciptakan suasana belajar yang lebih interaktif, menyenangkan, dan bermakna, serta efektif dalam membentuk kesadaran lingkungan sejak usia dini (Nisa & Kurnia, 2024).

Sebagai pelengkap data, disajikan grafik batang distribusi nilai tes tulis pada siklus I dan siklus II. Grafik ini menampilkan perbandingan jumlah siswa dalam setiap rentang nilai pada kedua siklus, yang semakin mempertegas adanya peningkatan capaian belajar siswa dalam memahami *carbon footprint*.



Gambar 1. Grafik Distribusi Nilai Tes Tulis Siklus I dan Siklus II

Dari grafik di atas tampak jelas bahwa pada siklus I, mayoritas siswa masih berada di rentang nilai 56–64, dengan sebaran nilai yang cenderung terkonsentrasi di tingkat sedang.

Sementara itu, pada siklus II, distribusi nilai mengalami pergeseran signifikan ke rentang nilai yang lebih tinggi, dengan dominasi pada nilai 84 hingga 100. Fenomena ini menegaskan bahwa tindakan pembelajaran berupa penggunaan media PAKGATA berbasis Augmented Reality (AR) dan penerapan pendekatan Teaching at the Right Level (TaRL) serta Culturally Responsive Teaching (CRT) secara sistematis mampu mendorong peningkatan capaian belajar yang lebih merata dan menyeluruh di seluruh kelompok siswa. Pendekatan TaRL memungkinkan siswa belajar sesuai tingkat kemampuannya, sehingga tidak ada yang tertinggal maupun tidak tertantang (Banerjee et al., 2023), sedangkan pendekatan CRT mampu meningkatkan relevansi dan makna pembelajaran dengan mengaitkan konten dengan pengalaman budaya dan lingkungan siswa (Gay, 2022). Integrasi strategi ini terbukti efektif dalam menciptakan pembelajaran yang inklusif, adaptif, dan berpusat pada siswa.

Untuk memperdalam analisis, berikut disajikan tabel statistik deskriptif dari kedua siklus yang

mencakup nilai terendah, nilai tertinggi, rata-rata, median, modus, dan standar deviasi:

Tabel 3. Statistik Deskriptif Tes Tulis Siklus I dan II (Kelas 4D)

Statistik	Siklus I	Siklus II
Nilai Terendah	48	60
Nilai Tertinggi	80	100
Rata-rata	61,29	88,00
Median	60	92
Modus	56	92
Standar Deviasi	9,56	13,38

Data statistik deskriptif di atas menunjukkan perbaikan yang signifikan antara siklus I dan siklus II. Nilai rata-rata, median, dan modus pada siklus II meningkat tajam, menandakan bahwa sebagian besar siswa berhasil mencapai tingkat pemahaman yang lebih tinggi terhadap konsep *carbon footprint*. Sementara itu, standar deviasi pada siklus II juga mengalami peningkatan, yang mencerminkan adanya variasi nilai yang lebih besar, hal ini wajar mengingat capaian beberapa siswa yang meningkat drastis hingga memperoleh nilai sempurna 100. Peningkatan ini menunjukkan keberhasilan strategi pembelajaran yang diterapkan dalam menjangkau berbagai karakteristik dan tingkat kemampuan siswa secara efektif.

Selanjutnya, untuk memperkuat validitas temuan peningkatan hasil

belajar, dilakukan perhitungan *effect size* menggunakan rumus Cohen's *d* sebagai berikut:

$$d = \frac{M_2 - M_1}{SD_{pooled}}$$

Dengan :

- $M_1 = 61,29$ (rata-rata siklus I)
- $M_2 = 88,00$ (rata-rata siklus II)

$$SD_{pooled} = \sqrt{\frac{(SD_1^2 + SD_2^2)}{2}} = \sqrt{\frac{(9,56^2 + 13,38^2)}{2}} = 11,63$$

Sehingga : $d = \frac{88,00 - 61,29}{11,63} = \frac{26,71}{11,63} = 2,30$

Hasil perhitungan *effect size* sebesar 2,30 dikategorikan sebagai efek sangat besar (*very large effect*) menurut klasifikasi Cohen (1988), yang menunjukkan bahwa intervensi pembelajaran memiliki dampak yang sangat kuat terhadap peningkatan hasil belajar siswa. Dengan demikian, temuan ini semakin memperkuat bahwa penerapan media PAKGATA yang dipadukan dengan pendekatan *Teaching at the Right Level* (TaRL) dan *Culturally Responsive Teaching* (CRT) dalam pembelajaran IPAS sangat efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa kelas 4D secara signifikan. Efektivitas tersebut tidak hanya tercermin dalam peningkatan nilai rata-rata, median, dan modus, tetapi juga dalam keterlibatan aktif siswa serta pemahaman mereka

terhadap konsep *carbon footprint* secara lebih konkret dan bermakna. Pendekatan TaRL memastikan setiap siswa belajar sesuai tingkat kemampuannya (Banerjee et al., 2023), sedangkan pendekatan CRT mengaitkan materi pembelajaran dengan konteks budaya dan pengalaman hidup siswa, sehingga pembelajaran terasa lebih relevan dan personal (Gay, 2022).

E. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tindakan kelas yang telah dilaksanakan dalam dua siklus, dapat disimpulkan bahwa penggunaan media PAKGATA (Paku Gantung Bercerita) berbasis Augmented Reality yang terintegrasi dengan pendekatan TaRL (Teaching at the Right Level) dan CRT (Culturally Responsive Teaching) terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa kelas IV SDN Kaliasin 1 Surabaya terhadap konsep jejak karbon. Peningkatan ini terlihat dari perolehan rata-rata nilai tes tulis yang meningkat signifikan dari 61,29 pada siklus I menjadi 88,00 pada siklus II, serta effect size sebesar 2,30 yang termasuk dalam kategori efek sangat besar. Selain peningkatan kognitif,

penerapan media ini juga mendorong perubahan sikap dan keaktifan siswa, menciptakan suasana kelas yang lebih interaktif, partisipatif, dan bermakna. Integrasi konteks lokal melalui pendekatan CRT dan penyesuaian tingkat kesulitan LKPD berdasarkan pendekatan TaRL turut berkontribusi pada keberhasilan strategi ini. Dengan demikian, media PAKGATA yang dirancang secara visual, kontekstual, dan interaktif ini dapat menjadi alternatif solusi pembelajaran IPAS yang mampu menjembatani materi abstrak menjadi lebih konkret, serta mendorong kesadaran lingkungan sejak dini secara menyenangkan dan bermakna.

Sebagai saran perbaikan, pengembangan media ke depan dapat mempertimbangkan aspek aksesibilitas bagi siswa dengan hambatan belajar atau keterbatasan teknologi, serta pelatihan lebih lanjut bagi guru dalam memanfaatkan fitur AR secara optimal. Penelitian lanjutan dapat diarahkan pada penerapan media PAKGATA berbasis AR pada mata pelajaran lain atau jenjang pendidikan yang berbeda untuk menguji replikasi dan generalisasi hasil. Selain itu, studi

lebih mendalam mengenai dampak jangka panjang penggunaan media ini terhadap perubahan perilaku ramah lingkungan siswa juga menjadi topik yang relevan untuk dikaji lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, M., Pratama, M. V., Pratiwi, N. A., & Fujiarti, A. (2023). Pengaruh media interaktif terhadap minat belajar siswa pada pembelajaran IPA kelas 4 SD. *Jurnal Jendela Pendidikan*, 4(1), 1–8.
<https://doi.org/10.57008/jjp.v4i01.689>
- Arikunto, S. (2021). *Prosedur penelitian: Suatu pendekatan praktik* (Edisi Revisi). Jakarta: Rineka Cipta.
- Banerjee, A., Banerji, R., Duflo, E., Glennerster, R., & Khemani, S. (2023). Improving learning outcomes through Teaching at the Right Level: Evidence from field interventions. *Journal of Educational Development*, 93, 102674.
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2022.102674>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Gay, G. (2022). *Culturally responsive teaching: Theory, research, and practice* (3rd ed.). Teachers College Press.
- Hayya', S. (2023). Pengembangan media paku gantung berbasis augmented reality untuk pembelajaran interaktif. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 10(1), 45–57.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Climate change 2023: The physical science basis*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Istiqomah, L., Reffiane, F., & Sanjaya, D. (2024). Pengaruh strategi pembelajaran berdiferensiasi terhadap hasil belajar IPAS siswa kelas V SDN Sawah Besar 01. *Journal of Education Research*, 6(3), 16153–16158.
<https://doi.org/10.31004/joe.v6i3.5478>
- Kemendikbudristek. (2021). *Kurikulum dan silabus SD/MI kelas IV tema Menjadi Pahlawan Lingkungan*. Jakarta: Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia.
- Lakens, D. (2021). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: A practical primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers in Psychology*, 12, 645192.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.645192>
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2020). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (4th ed.). SAGE Publications.
- Nisa, D., & Kurnia, S. (2024). Implementasi culturally responsive teaching dalam program Adiwiyata di sekolah dasar. *Jurnal*

- Pendidikan Lingkungan*, 6(1), 23–34.
- Nisa, R. F., & Kurnia, W. (2024). Pengaruh pembelajaran kontekstual terhadap pemahaman konsep lingkungan hidup pada siswa SD. *Jurnal Pendidikan Lingkungan*, 10(1), 45–58.
- Pradita, A. R., Aeni, A. N., & Sujana, A. (2024). Pengaruh media augmented reality untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa kelas IV SDN Tegalkalong pada materi fotosintesis. *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, 13(1), 1–8. <https://doi.org/10.20961/inkuiri.v13i1.83995>
- Puspitasari, I., Kusumaningrum, P. H., Ardiningsih, S., Dinarti, S., & Wahyuningsih, T. (2024). Implementasi pembelajaran diferensiasi dalam mengatasi keberagaman gaya belajar siswa di sekolah dasar. *Khatulistiwa: Jurnal Pendidikan dan Sosial Humaniora*, 4(1), 82–93. <https://doi.org/10.55606/khatulistiwa.v4i1.2720>
- Putra, R. S., & Santoso, H. (2021). Pengaruh penggunaan augmented reality terhadap motivasi dan pemahaman siswa pada pembelajaran IPA SD. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 12(2), 98–110.
- Putri, A. R., Santoso, H., & Fajar, D. (2023). Penggunaan media pembelajaran berbasis augmented reality untuk meningkatkan motivasi belajar IPA. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 11(2), 78–89.
- Rahman, A., & Hidayat, T. (2023). Analisis kesulitan siswa dalam memahami konsep carbon footprint di SD. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 15(1), 32–44.
- Rahmawati, D., Sari, L., & Putri, A. (2023). Inovasi media pembelajaran untuk meningkatkan motivasi dan pemahaman siswa pada materi lingkungan hidup. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 15(2), 98–110.
- Rahmawati, F., Santoso, H., & Putri, A. (2023). Inovasi media pembelajaran untuk meningkatkan pemahaman konsep abstrak siswa SD. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 14(2), 110–123.
- Ratnawati, R., Hakim, A. R., & Mukti, H. (2024). Pengembangan media augmented reality (AR) dalam pembelajaran IPAS materi bagian tumbuhan dan fungsinya pada siswa kelas IV SD Negeri 2 Lenek Daya. *Didaktik: Jurnal Ilmiah PGSD STKIP Subang*, 10(4), 257–265. <https://doi.org/10.36989/didaktik.v10i04.4519>
- Safitri, R., Nurhayati, E., & Prasetyo, B. (2024). Implementasi pendekatan Teaching at the Right Level (TaRL) dalam pembelajaran tematik. *Jurnal Pendidikan Dasar Indonesia*, 9(1), 41–50.
- Safitri, R., Wijayanti, R., & Prasetyo, Z. (2024). Penerapan teaching at the right level (TaRL) untuk meningkatkan hasil belajar siswa SD. *Jurnal Kajian Pendidikan*, 12(1), 76–89.
- Sari, M., & Permana, D. (2022). Hambatan pemahaman materi konseptual pada pembelajaran IPA

- SD. *Jurnal Pendidikan IPA*, 11(3), 145–154.
- Sari, M. N., & Permana, D. (2022). Efektivitas media interaktif dalam pembelajaran konsep carbon footprint di sekolah dasar. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 8(3), 134–144.
- Sari, N., & Utami, L. (2022). Model penelitian tindakan kelas dalam meningkatkan hasil belajar siswa: Kajian literatur. *Jurnal Pendidikan*, 9(3), 150–160.
- Wijaya, D., & Kusuma, P. (2022). Analisis efektivitas pembelajaran berbasis teknologi menggunakan Cohen's d. *Jurnal Statistik dan Pendidikan*, 7(1), 40–50.
- World Resources Institute. (2023). *Understanding carbon footprint and climate change*. <https://www.wri.org/>
- Yulianti, E. (2022). Efektivitas culturally responsive teaching dalam meningkatkan relevansi pembelajaran di sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 7(1), 56–67.