



**OPTIMALISASI PEMBELAJARAN MATEMATIKA BERBASIS GAMIFIKASI MELALUI
PENDAMPINGAN APLIKASI DUOLINGO MATH UNTUK MENINGKATKAN
NUMERASI SISWA SEKOLAH DASAR**

*Optimizing Gamification-Based Mathematics Learning through Duolingo Math
Application Mentoring to Enhance Elementary School Students' Numeracy Skills*

Rio Andriyat Krisdiawan*, Nida Amalia Asikin, Dede Husen, Heri Herwanto

Program Studi Teknik Informatika Universitas Kuningan

Jl. Pramuka No.67, Purwawinangun, Kec. Kuningan, Kabupaten Kuningan, Jawa Barat 45512

*Alamat Korespondensi: rioandriyat@uniku.ac.id

(Tanggal Submission: 26 Januari 2026, Tanggal Accepted : 22 Mei 2026)



Kata Kunci :

*Pembelajaran
Matematika,
Gamifikasi,
Duolingo-math,
Edukatif-
partisipatif,
Sekolah Dasar*

Abstrak :

Rendahnya capaian numerasi siswa sekolah dasar masih menjadi permasalahan utama dalam pembelajaran matematika. Pembelajaran yang didominasi metode konvensional cenderung membuat siswa kurang termotivasi dan sulit memahami konsep numerasi dasar. Di sisi lain, perkembangan teknologi digital membuka peluang pemanfaatan media pembelajaran berbasis aplikasi yang lebih interaktif dan menarik. Namun, pemanfaatan teknologi tersebut di sekolah dasar belum dilakukan secara optimal dan terintegrasi dalam pembelajaran. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk mengoptimalkan pembelajaran matematika melalui pendampingan penggunaan aplikasi *Duolingo Math* berbasis gamifikasi guna meningkatkan motivasi dan kemampuan numerasi siswa sekolah dasar serta memperkuat peran guru dalam pemanfaatan media pembelajaran digital. Metode kegiatan menggunakan pendekatan *edukatif-partisipatif* berbasis teknologi yang meliputi analisis kebutuhan, perancangan solusi pembelajaran, implementasi pendampingan langsung di kelas, serta evaluasi berbasis kuesioner. Kegiatan melibatkan siswa kelas III dan IV serta guru kelas di dua sekolah dasar mitra di Kabupaten Kuningan. Evaluasi dilakukan menggunakan kuesioner skala Likert 1–5 untuk mengukur persepsi guru dan siswa. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa penggunaan *Duolingo Math* memperoleh respons sangat positif. Rata-rata skor evaluasi guru berada pada kategori sangat baik (mean > 4,6) pada aspek persepsi manfaat, kemudahan penggunaan, dan kesesuaian kurikulum. Siswa menunjukkan peningkatan motivasi dan keterlibatan belajar yang sangat tinggi dengan skor motivasi rata-rata 4,95 serta persepsi positif terhadap peningkatan pemahaman numerasi dasar. Hambatan teknis relatif rendah dan tidak mengganggu pelaksanaan kegiatan. Kesimpulannya, pendampingan penggunaan *Duolingo Math* efektif sebagai media pendukung pembelajaran

matematika berbasis gamifikasi di sekolah dasar dan berpotensi diterapkan secara berkelanjutan.

Key word :

Mathematics Learning, Gamification, Duolingo-math, Educational-participatory, Elementary School

Abstract :

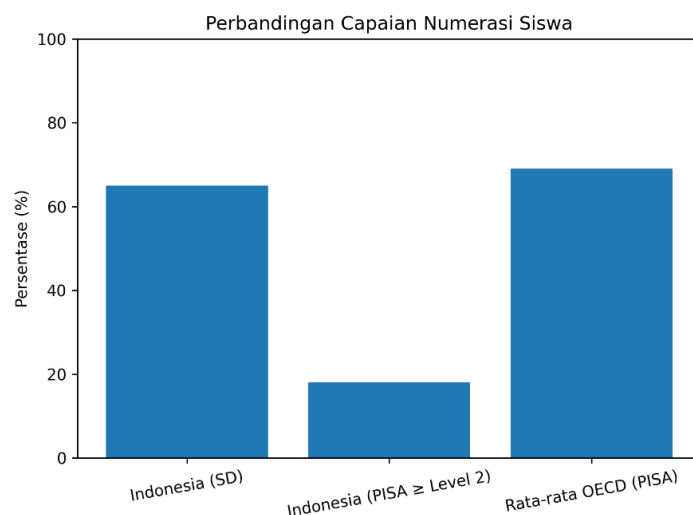
Low numeracy achievement among elementary school students remains a major challenge in mathematics learning. Instruction dominated by conventional methods often results in low student motivation and limited understanding of basic numeracy concepts. Meanwhile, the rapid development of digital technology offers opportunities to utilize interactive and engaging learning media. However, the integration of digital learning applications into elementary school mathematics instruction has not yet been optimally implemented. This community service activity aimed to optimize mathematics learning through mentoring in the use of the gamification-based Duolingo Math application to enhance students' numeracy skills and learning motivation, while also strengthening teachers' capacity to integrate digital learning media. The activity employed an educational-participatory, technology-based approach consisting of needs analysis, instructional design, classroom implementation with direct mentoring, and evaluation using structured questionnaires. The program involved third- and fourth-grade students and classroom teachers from two partner elementary schools in Kuningan Regency. Evaluation was conducted using Likert-scale (1–5) questionnaires to measure teachers' and students' perceptions of the application. The results indicated a highly positive response to the use of Duolingo Math. Teachers' evaluation scores were in the "very good" category (mean > 4.6) across perceived usefulness, ease of use, and curriculum alignment. Students demonstrated very high levels of learning motivation and engagement, with an average motivation score of 4.95, as well as positive perceptions of improved understanding of basic numeracy. Technical barriers were minimal and did not significantly affect implementation. In conclusion, mentoring the use of Duolingo Math is effective as a gamification-based supplementary medium for elementary mathematics learning and shows strong potential for sustainable implementation.

Panduan sitasi / citation guidance (APPA 7th edition) :

Krisdiawan, R. A., Asikin, N. A., Husen, D., & Herwanto, H. (2026). Optimalisasi Pembelajaran Matematika Berbasis Gamifikasi Melalui Pendampingan Aplikasi Duolingo Math Untuk Meningkatkan Numerasi Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Abdi Insani*, 13(5), 786-799. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v13i5.3845>

PENDAHULUAN

Matematika merupakan salah satu mata pelajaran inti di sekolah dasar yang berperan penting dalam membentuk kemampuan berpikir logis, pemecahan masalah, dan literasi numerasi siswa. Namun, dalam praktik pembelajaran, matematika sering dipersepsikan sebagai mata pelajaran yang sulit dan kurang menarik oleh siswa sekolah dasar. Persepsi tersebut umumnya disebabkan oleh karakter materi yang abstrak serta pendekatan pembelajaran yang masih didominasi metode konvensional, seperti ceramah dan latihan soal berulang, yang kurang melibatkan siswa secara aktif dalam proses belajar.



Gambar 1. Perbandingan Capaian Numerasi Siswa Indonesia dan Rata-rata OECD Berdasarkan Hasil Asesmen Nasional dan PISA. Sumber Dirangkum dari : (Kemendikbudristek, 2023; OECD, 2019; PISA, 2023)

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, berdasarkan Asesmen Nasional (AN) Kemendikbudristek (Kemendikbudristek, 2023), lebih dari 60% siswa sekolah dasar di Indonesia masih berada pada kategori perlu intervensi dalam kompetensi numerasi. Kondisi ini diperkuat oleh hasil Programme for International Student Assessment (PISA) yang menunjukkan bahwa hanya sekitar 18% siswa Indonesia yang mencapai Level 2 atau lebih dalam literasi matematika, jauh tertinggal dibandingkan rata-rata OECD sebesar 69% (OECD, 2019; PISA, 2023). Ketimpangan ini mengindikasikan adanya kesenjangan serius dalam pemahaman konsep dasar matematika yang bersifat konseptual dan aplikatif. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pembelajaran inovatif yang mampu meningkatkan motivasi, keterlibatan, dan pemahaman siswa sejak jenjang sekolah dasar, salah satunya melalui pemanfaatan game-based learning berbasis aplikasi digital seperti Duolingo Math. Kondisi tersebut mendorong perlunya pendekatan pembelajaran alternatif yang tidak hanya berfokus pada penyampaian materi, tetapi juga pada pengalaman belajar yang mampu meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa secara berkelanjutan.

Seiring dengan perkembangan teknologi digital, pemanfaatan media pembelajaran berbasis teknologi menjadi salah satu strategi yang direkomendasikan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran di sekolah dasar. Teknologi pendidikan memungkinkan penyajian materi secara visual, interaktif, dan adaptif terhadap kemampuan siswa. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi pembelajaran digital dapat meningkatkan motivasi belajar, keterlibatan siswa, serta pemahaman konsep, khususnya pada pembelajaran matematika dasar (Sailer & Homner, 2020).

Salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan dalam pembelajaran digital adalah gamifikasi. Gamifikasi didefinisikan sebagai penerapan elemen permainan, seperti poin, level, tantangan, dan sistem penghargaan, dalam konteks non-permainan untuk meningkatkan motivasi dan keterlibatan pengguna (Deterding *et al.*, 2011). Dalam konteks pendidikan dasar, gamifikasi terbukti mampu menciptakan pengalaman belajar yang lebih menyenangkan dan menurunkan kecemasan siswa terhadap matematika (Su & Cheng, 2015).

Aplikasi Duolingo Math merupakan salah satu media pembelajaran berbasis gamifikasi yang dirancang untuk membantu siswa memahami konsep dasar matematika melalui aktivitas interaktif dan adaptif. Aplikasi ini menyajikan materi numerasi seperti operasi bilangan, pengukuran, dan pemecahan masalah dalam bentuk latihan bertahap yang disesuaikan dengan kemampuan pengguna. Sistem umpan balik instan dan penghargaan digital pada Duolingo Math memungkinkan siswa belajar secara mandiri dengan tingkat motivasi yang lebih tinggi dibandingkan pembelajaran konvensional (Loewen *et al.*, 2019; Azis & Ardian Subhan, 2023).

Meskipun potensi aplikasi pembelajaran berbasis gamifikasi cukup besar, implementasinya di sekolah dasar Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan. Beberapa studi melaporkan bahwa keterbatasan media ajar digital, kurangnya pendampingan penggunaan teknologi, serta belum optimalnya integrasi aplikasi pembelajaran ke dalam kegiatan kelas menjadi hambatan utama dalam pemanfaatan teknologi pendidikan di tingkat dasar (Maretha & Waluyo, 2022; Musa & Mahmud, 2022). Kondisi ini juga ditemukan pada sekolah mitra dalam kegiatan pengabdian ini, di mana proses pembelajaran matematika masih didominasi metode konvensional meskipun siswa dan guru telah memiliki akses terhadap perangkat digital.

Sejumlah kegiatan pengabdian kepada masyarakat sebelumnya menunjukkan bahwa pendampingan penggunaan teknologi edukatif dapat memberikan dampak positif terhadap peningkatan keterlibatan belajar siswa dan kompetensi pedagogik guru. Pelatihan penggunaan aplikasi edukatif dan pendampingan berbasis praktik langsung terbukti efektif dalam mendorong adopsi teknologi pembelajaran di lingkungan sekolah dasar maupun Masyarakat (Krisdiawan *et al.*, 2024, 2025; Krisdiawan & Asikin, 2025). Selain itu, pendekatan pelatihan yang partisipatif dan berkelanjutan dinilai mampu membentuk kebiasaan belajar berbasis teknologi yang lebih adaptif.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu intervensi pengabdian kepada masyarakat yang tidak hanya memperkenalkan teknologi pembelajaran, tetapi juga memberikan pendampingan langsung kepada guru dan siswa dalam penggunaannya. Pemanfaatan Duolingo Math dipandang sebagai solusi yang relevan karena aplikasinya mudah digunakan, bersifat gratis, dan dirancang khusus untuk pembelajaran matematika dasar. Melalui pendekatan edukatif-partisipatif, kegiatan ini diharapkan mampu menjembatani kesenjangan antara potensi teknologi pembelajaran dan praktik pembelajaran matematika di sekolah dasar.

Tujuan dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah untuk mengoptimalkan pembelajaran matematika di sekolah dasar melalui pendampingan penggunaan aplikasi Duolingo Math. Secara khusus, kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan motivasi dan minat belajar matematika siswa, memperkuat pemahaman konsep numerasi dasar, serta meningkatkan kapasitas guru dalam memanfaatkan media pembelajaran digital berbasis gamifikasi. Manfaat yang diharapkan dari kegiatan ini adalah terciptanya lingkungan belajar yang lebih interaktif, menyenangkan, dan adaptif terhadap perkembangan teknologi. Selain itu, kegiatan ini diharapkan dapat menjadi model pembelajaran berbasis teknologi yang dapat direplikasi di sekolah dasar lain sebagai upaya mendukung transformasi pendidikan digital yang berkelanjutan.

METODE KEGIATAN

Bab ini menguraikan secara sistematis metode pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang meliputi waktu dan tempat kegiatan, objek atau sasaran serta mitra kegiatan, jumlah peserta yang terlibat, serta tahapan pelaksanaan kegiatan. Metode kegiatan dirancang untuk menjawab permasalahan rendahnya minat dan pemahaman numerasi siswa sekolah dasar melalui pendampingan penggunaan aplikasi pembelajaran matematika berbasis gamifikasi, yaitu Duolingo Math. Pendekatan yang digunakan bersifat edukatif, partisipatif, dan berbasis praktik langsung agar kegiatan dapat memberikan dampak yang berkelanjutan bagi guru dan siswa.

Waktu dan Tempat Kegiatan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan pada bulan Desember 2025 di dua sekolah dasar yang berada di Kabupaten Kuningan, Provinsi Jawa Barat. Pelaksanaan kegiatan dilakukan secara luring dengan pendampingan langsung di lingkungan sekolah. Rincian waktu dan tempat pelaksanaan kegiatan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan Kegiatan

No	Tanggal	Nama Sekolah	Lokasi
1	11 Desember 2025	SD Linimasa	Awirarangan, Kec. Kuningan, Kab. Kuningan, Jawa Barat
2	19 Desember 2025	SDN 1 Langseb	Langseb, Kec. Lebakwangi, Kab. Kuningan, Jawa Barat

Pelaksanaan kegiatan difokuskan pada dua satuan pendidikan dasar dengan karakteristik berbeda, yaitu sekolah swasta di wilayah perkotaan dan sekolah negeri di wilayah pinggiran kota, guna memperoleh gambaran implementasi yang lebih komprehensif. Selain itu, pemilihan sekolah berdasarkan hasil observasi awal yang menunjukkan bahwa pembelajaran matematika di kedua sekolah mitra masih didominasi metode konvensional, sementara pemanfaatan media pembelajaran digital belum dilakukan secara optimal. Selain itu, kedua sekolah telah memiliki akses terhadap perangkat digital sehingga memungkinkan implementasi aplikasi pembelajaran berbasis teknologi. Kegiatan dilaksanakan di lingkungan sekolah karena dinilai strategis, kontekstual dengan aktivitas belajar siswa, serta mendukung keterlibatan langsung guru sebagai fasilitator pembelajaran.

Objek/Sasaran/Mitra Kegiatan

Mitra dalam kegiatan pengabdian ini adalah dua sekolah dasar dengan karakteristik yang berbeda, yaitu SD Linimasa sebagai sekolah swasta di wilayah perkotaan dan SDN 1 Langseb sebagai sekolah negeri di wilayah timur Kabupaten Kuningan. Perbedaan karakteristik tersebut diharapkan dapat memberikan gambaran implementasi kegiatan yang lebih komprehensif.

SD Linimasa merupakan sekolah dasar swasta yang berlokasi di Kelurahan Awirarangan, Kecamatan Kuningan. Sekolah ini berada di lingkungan perkotaan dengan latar belakang siswa yang relatif heterogen dan memiliki akses perangkat digital yang cukup baik. Sementara itu, SDN 1 Langseb merupakan sekolah dasar negeri yang terletak di Desa Langseb, Kecamatan Lebakwangi, dengan karakteristik siswa yang berasal dari wilayah semi-perdesaan dan memiliki variasi tingkat akses serta pengalaman terhadap teknologi digital.

Objek kegiatan adalah proses pembelajaran matematika di sekolah dasar, khususnya pada materi numerasi dasar. Sasaran kegiatan meliputi siswa kelas III dan IV sebagai pengguna utama aplikasi Duolingo Math, serta guru kelas sebagai pendamping dan fasilitator dalam pelaksanaan pembelajaran berbasis teknologi. Guru juga berperan sebagai mitra strategis dalam memastikan keberlanjutan pemanfaatan aplikasi setelah kegiatan pengabdian selesai.

Jumlah Anggota Mitra

Peserta kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini terdiri dari siswa dan guru kelas di masing-masing sekolah mitra. Jumlah peserta disesuaikan dengan kapasitas kelas dan kebutuhan pendampingan agar kegiatan dapat berlangsung secara interaktif dan efektif.

Tabel 2. Jumlah Peserta Kegiatan

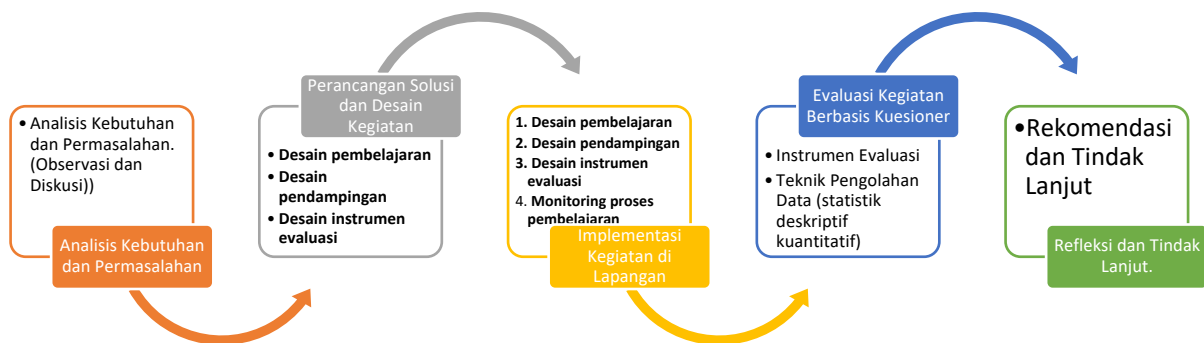
Sekolah	Siswa Kelas III	Siswa Kelas IV	Guru Kelas	Total Peserta
SD Linimasa	20 siswa	18 siswa	3 guru	41
SDN 1 Langseb	16 siswa	20 siswa	2 guru	38

Jumlah peserta yang terlibat memungkinkan proses pendampingan dilakukan secara langsung, sehingga siswa dapat memperoleh bimbingan optimal dalam menggunakan aplikasi dan guru dapat memahami peran teknologi sebagai media pendukung pembelajaran.

Metode Pelaksanaan Kegiatan

Metode pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dirancang secara sistematis untuk menjawab permasalahan rendahnya minat belajar dan pemahaman numerasi siswa sekolah dasar, serta keterbatasan pemanfaatan media pembelajaran digital oleh guru. Pendekatan yang

digunakan adalah edukatif–partisipatif berbasis teknologi, dengan menempatkan guru dan siswa sebagai subjek aktif dalam seluruh rangkaian kegiatan. Secara umum, metode pelaksanaan kegiatan terdiri atas lima tahapan utama, yaitu analisis kebutuhan, perancangan solusi, implementasi kegiatan, evaluasi, serta refleksi dan tindak lanjut.



Gambar 2. Metode Pelaksanaan Kegiatan PKM Duolingo-Math

1. Analisis Kebutuhan dan Permasalahan

Tahap awal kegiatan diawali dengan analisis kebutuhan melalui observasi lapangan dan diskusi awal dengan pihak sekolah mitra. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi pembelajaran matematika yang berlangsung, tingkat minat belajar siswa, serta kesiapan guru dan siswa dalam memanfaatkan teknologi pembelajaran digital.

Hasil analisis menunjukkan bahwa pembelajaran matematika di sekolah mitra masih didominasi metode konvensional, seperti ceramah dan latihan soal tertulis, dengan keterbatasan penggunaan media interaktif. Di sisi lain, sebagian besar siswa telah terbiasa menggunakan perangkat digital, namun belum diarahkan untuk kegiatan belajar yang terstruktur. Temuan ini menjadi dasar perlunya intervensi pembelajaran berbasis teknologi yang bersifat menarik, adaptif, dan mudah digunakan, seperti aplikasi Duolingo Math. Pendekatan analisis kebutuhan ini sejalan dengan rekomendasi penelitian sebelumnya yang menekankan pentingnya pemetaan konteks awal sebelum implementasi teknologi pembelajaran (Sailer & Homner, 2020).

2. Perancangan Solusi dan Desain Kegiatan

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, tim pengabdian merancang solusi berupa pendampingan penggunaan aplikasi Duolingo Math sebagai media pembelajaran matematika berbasis gamifikasi. Perancangan kegiatan meliputi beberapa komponen utama, yaitu:

a. Desain pembelajaran

Penyusunan alur penggunaan aplikasi Duolingo Math yang disesuaikan dengan karakteristik siswa sekolah dasar, khususnya pada materi numerasi dasar seperti operasi bilangan, pengukuran, dan pemecahan masalah sederhana.

b. Desain pendampingan

Penentuan peran guru sebagai fasilitator pembelajaran dan tim pengabdian sebagai pendamping teknis selama proses implementasi di kelas.

c. Desain instrumen evaluasi

Penyusunan kuesioner evaluasi untuk siswa dan guru menggunakan skala Likert 1–5 yang mencakup aspek kemudahan penggunaan, motivasi belajar, pemahaman konsep, serta persepsi terhadap efektivitas aplikasi.

Perancangan kegiatan ini mengadopsi prinsip *game-based learning*, di mana elemen permainan seperti poin, level, dan tantangan dimanfaatkan untuk meningkatkan keterlibatan dan motivasi belajar siswa (Hamari *et al.*, 2016).

3. Implementasi Kegiatan di Lapangan

Tahap implementasi dilaksanakan secara langsung di sekolah mitra sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Implementasi kegiatan meliputi beberapa aktivitas utama sebagai berikut:

- a. **Pengenalan dan sosialisasi**
Guru dan siswa diberikan penjelasan singkat mengenai konsep pembelajaran berbasis gamifikasi dan tujuan penggunaan aplikasi Duolingo Math dalam pembelajaran matematika.
- b. **Demonstrasi aplikasi**
Tim pengabdian mendemonstrasikan cara instalasi, navigasi antarmuka, serta fitur utama Duolingo Math, termasuk sistem level, poin, dan umpan balik instan.
- c. **Pendampingan penggunaan aplikasi**
Siswa menggunakan aplikasi secara langsung dalam kegiatan belajar dengan pendampingan guru dan tim pengabdian. Guru berperan aktif dalam mengaitkan aktivitas pada aplikasi dengan materi yang sedang dipelajari di kelas.
- d. **Monitoring proses pembelajaran**
Selama implementasi, tim pengabdian melakukan monitoring terhadap keterlibatan siswa, respons terhadap tantangan dalam aplikasi, serta interaksi antara guru dan siswa.



Gambar 3. Pelaksanaan Kegiatan PKM Duolingo-Math

Pendekatan praktik langsung (hands-on) ini dipilih karena terbukti efektif dalam meningkatkan adopsi teknologi pembelajaran di lingkungan sekolah dasar (Dichev & Dicheva, 2017).



Gambar 4. Kegiatan pendampingan Pengisian Post-test oleh Peserta

Setelah penyuluhan, peserta mengisi post-test untuk mengukur peningkatan pengetahuan dan sikap.

4. Evaluasi Kegiatan Berbasis Kuesioner

Evaluasi kegiatan dilakukan setelah implementasi pendampingan melalui pengumpulan data kuesioner dari siswa dan guru. Evaluasi bertujuan untuk mengukur efektivitas penggunaan Duolingo Math sebagai media pembelajaran matematika.

a. Instrumen Evaluasi

Instrumen evaluasi berupa kuesioner skala Likert 1–5, dengan kategori penilaian: 1 = Sangat Tidak Setuju; 2 = Tidak Setuju; 3 = Netral; 4 = Setuju; 5 = Sangat Setuju.

Kuesioner siswa mencakup 15 pernyataan yang mengukur aspek kemudahan penggunaan, motivasi belajar, pengalaman gamifikasi, pemahaman materi, serta dukungan perangkat dan jaringan. Kuesioner guru mencakup 15 pernyataan yang mengukur persepsi terhadap

manfaat aplikasi, kemudahan penggunaan, relevansi materi, serta potensi integrasi ke dalam pembelajaran.

b. Teknik Pengolahan Data

Data kuesioner dianalisis menggunakan metode **statistik deskriptif kuantitatif**, yang lazim digunakan dalam artikel pengabdian kepada masyarakat. Pengolahan data dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Perhitungan skor total responden

$$Skor\ Total = \sum_{i=1}^n x_i$$

dengan:

- x_i = skor jawaban pernyataan ke- i
- n = jumlah item pernyataan

2. Perhitungan skor rata-rata (mean)

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Perhitungan rata-rata per indikator

Skor rata-rata dihitung untuk setiap indikator (misalnya motivasi, kemudahan penggunaan, pemahaman materi) guna mengetahui aspek yang paling dominan dirasakan oleh responden.

3. Interpretasi skor rata-rata

Skor rata-rata diinterpretasikan menggunakan kriteria pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria Interpretasi Skor Rata-rata

Rentang Skor	Interpretasi
1,00 – 1,80	Sangat rendah
1,81 – 2,60	Rendah
2,61 – 3,40	Sedang
3,41 – 4,20	Tinggi
4,21 – 5,00	Sangat tinggi

Pendekatan ini digunakan untuk memberikan gambaran objektif mengenai persepsi dan pengalaman responden terhadap pelaksanaan kegiatan.

5. Refleksi dan Tindak Lanjut

Hasil evaluasi kuesioner selanjutnya dianalisis secara reflektif untuk menilai keberhasilan kegiatan dan mengidentifikasi aspek yang perlu ditingkatkan. Refleksi dilakukan dengan membandingkan temuan empiris dari data siswa dan guru dengan tujuan awal kegiatan serta temuan penelitian sebelumnya terkait pembelajaran berbasis gamifikasi.

Tindak lanjut dari kegiatan ini meliputi penyusunan rekomendasi penggunaan Duolingo Math sebagai media pendukung pembelajaran matematika, penguatan peran guru dalam memfasilitasi pembelajaran berbasis teknologi, serta peluang replikasi kegiatan di sekolah dasar lain. Pendekatan reflektif ini penting untuk memastikan bahwa kegiatan pengabdian tidak berhenti pada tahap implementasi, tetapi memberikan dampak berkelanjutan bagi praktik pembelajaran di sekolah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Kebutuhan Pembelajaran Matematika

Tahap awal kegiatan bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi awal pembelajaran matematika di sekolah mitra serta kebutuhan guru dan siswa terhadap media pembelajaran digital. Berdasarkan hasil observasi dan diskusi awal dengan guru kelas, ditemukan bahwa pembelajaran matematika masih didominasi metode konvensional, seperti ceramah dan latihan soal tertulis. Media pembelajaran digital belum dimanfaatkan secara optimal, meskipun sebagian besar siswa telah terbiasa menggunakan perangkat digital dalam kehidupan sehari-hari.

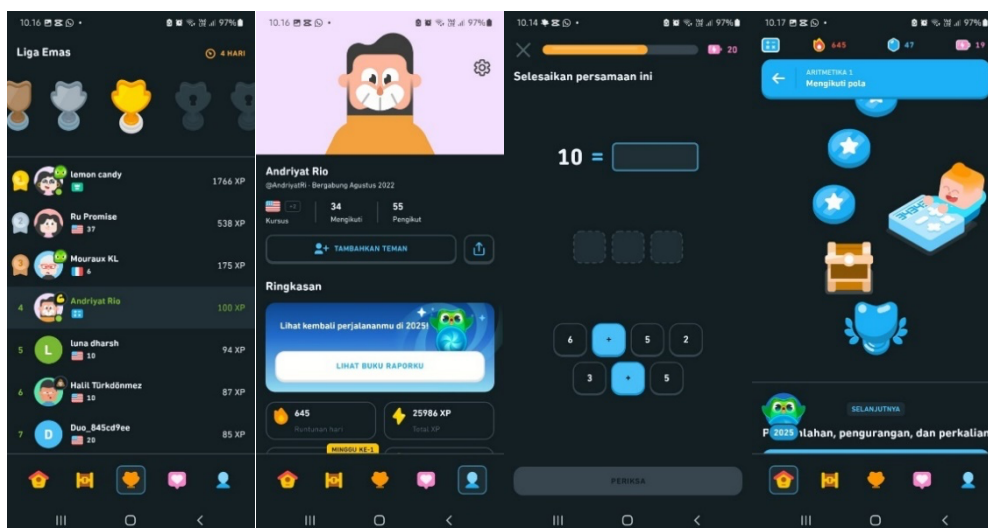
Guru menyampaikan bahwa siswa cenderung kurang antusias saat pembelajaran matematika berlangsung, khususnya pada materi numerasi dasar yang membutuhkan pemahaman konseptual. Temuan ini sejalan dengan hasil Asesmen Nasional dan PISA yang menunjukkan masih rendahnya capaian numerasi siswa Indonesia (Kemendikbudristek, 2023; OECD, 2019).

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, penerapan pendekatan pembelajaran inovatif berbasis teknologi menjadi relevan untuk menjawab permasalahan tersebut. Pendekatan ini diharapkan mampu menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif, kontekstual, dan menyenangkan, sebagaimana direkomendasikan dalam penelitian (Sailer & Homner, 2020).

Hasil Perancangan dan Implementasi Solusi Pembelajaran

Solusi pembelajaran dirancang dan diimplementasikan menggunakan pendekatan edukatif-partisipatif berbasis teknologi, dengan memanfaatkan aplikasi Duolingo Math sebagai media pendukung pembelajaran matematika di sekolah dasar. Pendekatan ini menempatkan guru dan siswa sebagai subjek aktif, sementara teknologi berfungsi sebagai alat bantu pedagogis untuk meningkatkan keterlibatan dan pemahaman belajar.

Perancangan pembelajaran difokuskan pada integrasi aktivitas Duolingo Math dengan materi numerasi dasar yang relevan dengan kurikulum sekolah. Aplikasi digunakan sebagai sarana latihan interaktif dan penguatan konsep, didukung oleh fitur gamifikasi seperti level, poin, dan umpan balik instan yang mendorong motivasi belajar siswa. Implementasi dilakukan melalui pendampingan langsung di kelas, dengan guru berperan sebagai fasilitator dan siswa terlibat aktif dalam penggunaan aplikasi.



Gambar 5. Fitur Gamification Duolingo-Math

Evaluasi implementasi dilakukan menggunakan kuesioner terstruktur untuk guru dan siswa. Kuesioner guru mencakup aspek persepsi manfaat, kemudahan penggunaan, kesesuaian kurikulum, motivasi dan sikap guru, serta hambatan penggunaan. Sementara itu, kuesioner siswa mengukur pengalaman penggunaan aplikasi, motivasi dan minat belajar, peningkatan pemahaman, gamifikasi dan keterlibatan, serta hambatan penggunaan. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa Duolingo Math dinilai bermanfaat, mudah digunakan, dan mampu meningkatkan motivasi serta keterlibatan siswa dalam pembelajaran matematika.

Hasil Evaluasi Berbasis Kuesioner

1. Hasil Evaluasi Persepsi Guru

Evaluasi persepsi guru dilakukan menggunakan kuesioner skala Likert 1–5 yang terdiri atas 15 pernyataan, dengan responden sebanyak 5 guru kelas dari dua sekolah mitra. Rekapitulasi hasil

kuesioner menunjukkan kecenderungan skor yang tinggi hingga sangat tinggi pada hampir seluruh indikator penilaian. Secara lebih detail disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Rata-rata Skor Respon Guru terhadap Penggunaan Duolingo Math

Kode	Aspek yang Dinilai	Rata-rata	Interpretasi
P1	Membantu pemahaman konsep	4,60	Sangat Tinggi
P2	Meningkatkan minat siswa	5,00	Sangat Tinggi
P3	Mendukung pembelajaran kelas	4,60	Sangat Tinggi
P4	Membantu latihan matematika	5,00	Sangat Tinggi
P5	Mudah digunakan guru	5,00	Sangat Tinggi
P6	Fitur mudah diakses	5,00	Sangat Tinggi
P7	Tidak perlu pelatihan khusus	5,00	Sangat Tinggi
P8	Materi relevan kurikulum	4,40	Tinggi
P9	Cocok untuk pengayaan	4,60	Sangat Tinggi
P10	Cocok untuk remedial	5,00	Sangat Tinggi
P11	Ingin menggunakan kembali	4,80	Sangat Tinggi
P12	Meningkatkan kualitas pembelajaran	4,80	Sangat Tinggi
P13	Direkomendasikan ke guru lain	4,60	Sangat Tinggi
P14	Tidak ada kendala teknis	5,00	Sangat Tinggi
P15	Infrastruktur mendukung	4,80	Sangat Tinggi

Berdasarkan Tabel 4, skor rata-rata setiap pernyataan berada pada rentang 4,4–5,0, yang termasuk dalam kategori tinggi hingga sangat tinggi. Secara umum, guru menyatakan bahwa:

- Duolingo Math membantu siswa memahami konsep dasar matematika (mean > 4,6);
- Aplikasi meningkatkan minat dan motivasi belajar siswa (mean ≈ 4,8);
- Aplikasi mudah digunakan oleh guru tanpa memerlukan pelatihan khusus (mean ≈ 4,8);
- Materi dalam aplikasi relevan dengan kurikulum matematika sekolah dasar (mean ≈ 4,6);
- Duolingo Math berpotensi digunakan untuk pengayaan dan remedial pembelajaran matematika (mean > 4,6).

Untuk memperoleh gambaran yang lebih ringkas, hasil evaluasi juga dianalisis berdasarkan aspek penilaian, sebagaimana disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Evaluasi Persepsi Guru terhadap Penggunaan Duolingo Math (per-aspek)

Kode	Aspek Penilaian	Rata-rata Skor	Kategori Interpretasi
A	Persepsi Manfaat (Perceived Usefulness)	4.80	Sangat Baik
B	Kemudahan Penggunaan (Ease of Use)	5.00	Sangat Baik
C	Kesesuaian Kurikulum	4.67	Sangat Baik
D	Motivasi dan Sikap Guru	4.73	Sangat Baik
E	Hambatan Penggunaan	4.90	Sangat Baik

Hasil analisis per aspek menunjukkan bahwa seluruh aspek berada pada kategori sangat baik. Aspek kemudahan penggunaan memperoleh skor tertinggi, mengindikasikan bahwa aplikasi mudah dipahami dan dioperasikan oleh guru. Persepsi manfaat dan kesesuaian kurikulum juga menunjukkan skor tinggi, menandakan bahwa Duolingo Math dinilai efektif dan relevan sebagai media pendukung pembelajaran matematika. Rendahnya hambatan penggunaan menunjukkan bahwa secara teknis dan infrastruktur, aplikasi ini layak diimplementasikan di lingkungan sekolah.

Temuan ini menunjukkan bahwa guru memiliki persepsi yang sangat positif terhadap kebermanfaatannya, kemudahan penggunaan, dan potensi integrasi Duolingo Math dalam pembelajaran. Hasil ini sejalan dengan temuan (Azis & Ardian Subhan, 2023) serta (Loewen et al.,

2019) yang menyatakan bahwa aplikasi pembelajaran berbasis gamifikasi dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran sekaligus memudahkan guru dalam menyediakan latihan yang variatif.

2. Hasil Evaluasi Persepsi Siswa

Evaluasi persepsi siswa dilakukan menggunakan kuesioner skala Likert 1–5 yang mencakup aspek kemudahan penggunaan aplikasi, motivasi dan minat belajar, peningkatan pemahaman, gamifikasi, serta hambatan penggunaan. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa mayoritas siswa memberikan respons positif terhadap penggunaan Duolingo Math.

Tabel 6. Rata-rata Skor Respon Siswa terhadap Duolingo Math

Kode	Indikator Pernyataan (Ringkas)	Rata-rata	Interpretasi
P1	Aplikasi mudah digunakan	4,62	Sangat Tinggi
P2	Instruksi mudah dipahami	4,71	Sangat Tinggi
P3	Tampilan membantu belajar	4,67	Sangat Tinggi
P4	Belajar jadi menyenangkan	4,83	Sangat Tinggi
P5	Termotivasi menyelesaikan level	4,86	Sangat Tinggi
P6	Ingin menggunakan kembali	4,90	Sangat Tinggi
P7	Membantu memahami matematika	4,74	Sangat Tinggi
P8	Kemampuan berhitung meningkat	4,48	Tinggi
P9	Soal efektif untuk latihan	4,76	Sangat Tinggi
P10	Poin & level memotivasi	4,67	Sangat Tinggi
P11	Tantangan membuat ingin lanjut	4,62	Sangat Tinggi
P12	XP & streak mendorong belajar	4,59	Sangat Tinggi
P13	Tidak mengalami kesulitan	4,41	Tinggi
P14	Jaringan mendukung	4,12	Tinggi
P15	Perangkat mendukung	4,35	Tinggi

Berdasarkan Tabel 6, skor rata-rata respons siswa berada pada kategori tinggi hingga sangat tinggi. Siswa menyatakan bahwa aplikasi mudah digunakan, pembelajaran menjadi lebih menyenangkan, serta fitur gamifikasi mendorong mereka untuk terus belajar dan menyelesaikan level. Hasil evaluasi per aspek disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Evaluasi Persepsi Siswa terhadap Penggunaan Duolingo Math (per-aspek)

Kode	Aspek Penilaian	Rata-rata Skor	Kategori
A	Pengalaman Penggunaan Aplikasi	4.84	Sangat Baik
B	Motivasi dan Minat Belajar	4.95	Sangat Baik
C	Peningkatan Pemahaman	4.68	Sangat Baik
D	Gamifikasi dan Keterlibatan	4.89	Sangat Baik
E	Hambatan Penggunaan	4.73	Sangat Baik

Berdasarkan tabel 7, Secara keseluruhan, hasil kuesioner siswa menunjukkan bahwa Duolingo Math diterima dengan sangat baik pada seluruh aspek penilaian, baik dari sisi pengalaman penggunaan, motivasi, pemahaman, keterlibatan, maupun kesiapan teknis. Temuan ini memperkuat bahwa Duolingo Math efektif sebagai media pembelajaran matematika berbasis gamifikasi di sekolah dasar.

Temuan ini mendukung teori motivasi belajar yang menyatakan bahwa lingkungan belajar yang interaktif dan menyenangkan dapat meningkatkan keterlibatan kognitif dan afektif siswa (Su & Cheng, 2015). Selain itu, hasil ini memperkuat pernyataan bahwa gamifikasi efektif diterapkan pada pembelajaran matematika di jenjang sekolah dasar.

Pembahasan Hasil Kegiatan

Hasil kegiatan menunjukkan bahwa pendampingan penggunaan *Duolingo Math* memberikan dampak positif terhadap pembelajaran matematika di sekolah dasar. Keberhasilan kegiatan ini tidak hanya ditentukan oleh aplikasi yang digunakan, tetapi juga oleh pendekatan pendampingan yang bersifat edukatif dan partisipatif.

Integrasi aplikasi ke dalam pembelajaran dengan pendampingan langsung guru memungkinkan siswa tidak hanya berinteraksi dengan teknologi, tetapi juga memperoleh penguatan konsep dari guru. Hal ini sejalan dengan pendekatan blended learning, di mana teknologi berfungsi sebagai pendukung, bukan pengganti peran guru (Sailer & Homner, 2020).

Respons positif dari guru juga menunjukkan bahwa hambatan adopsi teknologi pembelajaran dapat diminimalkan apabila aplikasi yang digunakan mudah dioperasikan dan relevan dengan kebutuhan pembelajaran. Temuan ini menguatkan hasil penelitian (Maretha & Waluyo, 2022) yang menyatakan bahwa kemudahan penggunaan dan relevansi materi merupakan faktor kunci keberhasilan implementasi teknologi pendidikan di sekolah dasar.

Secara keseluruhan, temuan kegiatan ini menegaskan bahwa keberhasilan pembelajaran berbasis teknologi tidak semata-mata bergantung pada kecanggihan aplikasi, melainkan pada model pendampingan yang melibatkan guru dan siswa secara aktif. Hasil ini konsisten dengan laporan pengabdian sebelumnya yang menunjukkan bahwa pendampingan penggunaan media pembelajaran digital secara partisipatif mampu meningkatkan keterlibatan belajar dan efektivitas pembelajaran di sekolah dasar (Islamiyati *et al.*, 2025; Krisdiawan *et al.*, 2024).

Kendala Pelaksanaan dan Tanggapan Stakeholder

Selama pelaksanaan kegiatan, beberapa kendala yang dihadapi antara lain keterbatasan jumlah perangkat yang dapat digunakan secara bersamaan serta variasi kecepatan akses internet di masing-masing sekolah. Namun demikian, kendala tersebut dapat diatasi melalui pengaturan penggunaan perangkat secara bergantian dan pendampingan langsung oleh tim pengabdian.

Tanggapan dari pihak sekolah dan guru sangat positif. Guru menyatakan ketertarikan untuk melanjutkan penggunaan *Duolingo Math* sebagai media pendukung pembelajaran, baik untuk kegiatan pengayaan maupun remedial. Pihak sekolah juga menyambut baik kegiatan ini dan membuka peluang kerja sama lanjutan untuk pengembangan pembelajaran berbasis teknologi.

Implikasi dan Pembelajaran dari Kegiatan

Hasil kegiatan pengabdian ini memberikan beberapa implikasi penting, yaitu :

1. Aplikasi pembelajaran berbasis gamifikasi seperti *Duolingo Math* terbukti dapat menjadi alternatif media pembelajaran matematika yang efektif di sekolah dasar.
2. Pendampingan penggunaan teknologi merupakan faktor kunci keberhasilan implementasi, terutama dalam meningkatkan kesiapan dan kepercayaan diri guru.
3. Kegiatan ini dapat dijadikan model pengabdian kepada masyarakat berbasis teknologi pendidikan yang replikatif dan berkelanjutan.

Dengan demikian, kegiatan pengabdian ini tidak hanya memberikan manfaat praktis bagi sekolah mitra, tetapi juga berkontribusi secara ilmiah sebagai referensi implementasi pembelajaran matematika berbasis gamifikasi di sekolah dasar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat dan analisis data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kegiatan pendampingan pembelajaran matematika berbasis teknologi menggunakan aplikasi *Duolingo Math* berhasil menjawab kebutuhan pembelajaran numerasi di sekolah dasar, khususnya dalam meningkatkan motivasi, keterlibatan, dan pemahaman konsep dasar matematika siswa.

2. Pendekatan edukatif-partisipatif berbasis teknologi terbukti efektif, ditunjukkan oleh keterlibatan aktif guru dan siswa selama implementasi serta tingginya tingkat keberterimaan aplikasi berdasarkan hasil kuesioner evaluasi.
3. Hasil evaluasi persepsi guru menunjukkan respons sangat positif pada seluruh aspek penilaian, meliputi persepsi manfaat, kemudahan penggunaan, kesesuaian kurikulum, motivasi dan sikap guru, serta minimnya hambatan penggunaan. Hal ini mengindikasikan bahwa Duolingo Math layak diintegrasikan sebagai media pendukung pembelajaran matematika di sekolah dasar.
4. Hasil evaluasi persepsi siswa juga menunjukkan kategori sangat baik, terutama pada aspek motivasi belajar, pengalaman penggunaan aplikasi, gamifikasi, dan peningkatan pemahaman. Temuan ini menegaskan bahwa pembelajaran matematika berbasis gamifikasi mampu menciptakan pengalaman belajar yang lebih menyenangkan dan bermakna.
5. Secara keseluruhan, Duolingo Math berpotensi menjadi media pembelajaran alternatif yang efektif, adaptif, dan mudah diimplementasikan, baik untuk kegiatan pembelajaran reguler, pengayaan, maupun remedial di sekolah dasar.

Saran

Berdasarkan hasil dan temuan kegiatan, beberapa saran yang dapat disampaikan untuk pengembangan kegiatan pengabdian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan implementasi dalam jangka waktu yang lebih panjang agar dampak penggunaan aplikasi terhadap peningkatan hasil belajar siswa dapat diukur secara lebih komprehensif, termasuk melalui perbandingan pre-test dan post-test kemampuan numerasi.
2. Penguatan kesiapan infrastruktur dan ketersediaan perangkat perlu menjadi perhatian, terutama pada sekolah dengan keterbatasan akses internet dan jumlah perangkat yang terbatas.
3. Pelatihan lanjutan bagi guru dapat dikembangkan, khususnya terkait strategi integrasi aplikasi gamifikasi ke dalam perencanaan pembelajaran (RPP atau modul ajar) agar pemanfaatannya lebih optimal dan berkelanjutan.
4. Kegiatan serupa dapat diperluas ke mata pelajaran lain atau jenjang pendidikan yang berbeda dengan menyesuaikan karakteristik siswa dan kebutuhan pembelajaran.

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan kajian kuantitatif eksperimental guna mengukur pengaruh penggunaan aplikasi berbasis gamifikasi terhadap peningkatan kemampuan numerasi secara signifikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini. Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak SD Linimasa dan SDN 1 Langseb yang telah memberikan izin, dukungan, serta fasilitas sehingga kegiatan pendampingan pembelajaran matematika berbasis gamifikasi dapat terlaksana dengan baik.

Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada para guru dan siswa yang telah berpartisipasi secara aktif selama kegiatan berlangsung, serta memberikan respons dan umpan balik yang sangat berharga melalui pengisian kuesioner evaluasi.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Kuningan dan team dosen dan mahasiswa Fakultas Ilmu Komputer Universitas Kuningan, yang telah memberikan dukungan kelembagaan terhadap pelaksanaan kegiatan ini. Semoga hasil pengabdian ini dapat memberikan manfaat berkelanjutan bagi peningkatan kualitas pembelajaran matematika di sekolah dasar serta menjadi referensi bagi kegiatan pengabdian dan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Azis, K., & Subhan, Y. A. (2023). *Prosiding SENANTIAS: Seminar Nasional Hasil Penelitian dan PkM Pemanfaatan Aplikasi Duolingo Sebagai Media Pembelajaran Interaktif untuk Meningkatkan Vocabulary Kosa Kata dalam Kemampuan Berbahasa Inggris*. 4(1).
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From Game Design Elements to Gamefulness. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, 9–15. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- Dichev, C., & Dicheva, D. (2017). Gamifying Education: What is Known, What is Believed and What Remains Uncertain: A Critical Review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0042-5>
- Hamari, J., Shernoff, D. J., Rowe, E., Coller, B., Asbell-Clarke, J., & Edwards, T. (2016). Challenging Games Help Students Learn: An Empirical Study on Engagement, Flow and Immersion in Game-based Learning. *Computers in Human Behavior*, 54, 170–179. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.07.045>
- Islamiyati, I. N., Krisdiawan, R. A., & Wahyuddin, A. (2025). Implementation of the Sugeno Fuzzy Algorithm for a Dynamic Scoring System in an Educational Game on Fraction and Decimal Operations. *SISINFO: Jurnal Sistem Informasi dan Informatika*, 7, 240–255. <https://doi.org/https://doi.org/10.37278/sisinfo.v7i2.1302>
- Kemendikbudristek. (2023). *Kemendikbudristek. (2023). Hasil Asesmen Nasional 2023*. Jakarta: Pusat Asesmen Pendidikan. <https://pusmendik.kemdikbud.go.id/>
- Krisdiawan, R. A., & Asikin, N. A. (2025). Meningkatkan Kompetensi Orang Tua dalam Parenting Digital. *Jurnal Widya Laksmi (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat)*, 5(1), 196–203. <https://doi.org/10.59458>
- Krisdiawan, R. A., Husen, D., & Asikin, N. A. (2025). Peningkatan Literasi Digital dan Keamanan Data Melalui Penyuluhan Kepada Masyarakat Desa Muncangela, Kabupaten Kuningan. *Jurnal Abdi Insani*, 12(10), 5523–5535. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v12i10.3099>
- Krisdiawan, R. A., Sugiharto, T., Nura'isyah, N., Yanti, P. P., & Sutarbi, T. (2024). Pelatihan Penggunaan Google Family Link Sebagai Tools Parenting Orangtua Cerdas di Era Milenial Training on Using Google Family Link as a Parenting Tool for Smart Parents in the Millennial Era. In *Abdimas Galuh* 6(1). <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.25157/ag.v6i1.13254>
- Loewen, S., Crowther, D., Isbell, D. R., Kim, K. M., Maloney, J., Miller, Z. F., & Rawal, H. (2019). Mobile-Assisted Language Learning: A Duolingo Case Study. *ReCALL*, 31(3), 293–311. <https://doi.org/10.1017/S0958344019000065>
- Maretha, A. L., & Waluyo, B. (2022). Profiles, Differences, and Roles of Learners' Agency in English Learning in Thailand. *International Journal of Instruction*, 15(2), 543–564. <https://doi.org/10.29333/iji.2022.15230a>
- Musa, M., & Mahmud, M. S. (2022). Strategi Pengajaran Matematika dalam Bahasa Inggeris sebagai Bahasa Kedua: Sebuah Kajian Literatur Sistematis. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 7(11), e001900. <https://doi.org/10.47405/mjssh.v7i11.1900>
- OECD. (2019). *PISA 2018 Results (Volume I)*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- PISA. (2023). *PISA 2022 Results (Volume I and II) - Country Notes: Indonesia*. https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/indonesia_c2e1ae0e-en.html
- Sailer, M., & Homner, L. (2020). The Gamification of Learning: a Meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 32(1), 77–112. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09498-w>
- Su, C., & Cheng, C. (2015). A Mobile Gamification Learning System for Improving the Learning Motivation and Achievements. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31(3), 268–286. <https://doi.org/10.1111/jcal.12088>