

# CalAR (Calculus with Augmented Reality) as an Android-Based Application to Improve Spatial Skill in 21st Century Calculus Learning

Tia Wahyuningsih<sup>1</sup>, Nabila Salsabil Ananti<sup>2</sup>, Zalfa Nurafirst Ardita Sari<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>State University of Jakarta, Indonesia

## ABSTRACT

Calculus is one of the branches of mathematics widely applied to this branch of science. The mathematics ability survey conducted by PISA in 2018 stated that the mathematics scores of Indonesian students were only 379 points with an average score of 489 points. This shows the low mathematical ability of Indonesian students which causes problems related to SDGs 2030, namely the quality of education. This paper proposes CalAR as an Android-based AR application as a technological innovation to improve students' spatial abilities in learning mathematics, especially calculus. The method used in this study is RnD (Research and Development). The results of the needs analysis stated that 62.5% of students find it difficult to understand mathematics during learning. 62.5% of students chose calculus as a difficult subject. 45% difficulty in understanding the concept of graphing. In addition, in interesting learning media, 50% of students answered AR-based applications. In the results of the media expert evaluation, the CalAR application got a percentage of 89.7% with a very decent category. While the evaluation results from two material experts obtained a percentage of 83.15% with a very decent category. Based on the results of user trials at SMA Negeri 36 Jakarta, a percentage of 89.43% was obtained, which shows that the CalAR application is very feasible to be used as a learning medium for calculus material. This application has the potential to further improve students' understanding of calculus. This application is also a form of support for government programs in providing adequate facilities and infrastructure to support educational success. The use of AR in calculus learning media can also be implemented in existing learning applications, so that start-ups engaged in education can contribute more in helping to improve the quality of education in Indonesia.

## ABSTRAK

Kalkulus adalah salah satu cabang dari matematika banyak diterapkan secara luas pada cabang ilmu pengetahuan. Survei kemampuan matematika yang dilakukan oleh PISA pada tahun 2018 menyatakan bahwa skor matematika pelajar Indonesia hanya 379 poin dengan rata-rata skor 489 poin. Hal ini menunjukkan rendahnya kemampuan matematika pelajar Indonesia yang menyebabkan masalah yang berkaitan dengan SDGs 2030 yaitu kualitas pendidikan. Karya tulis ini mengusulkan CalAR sebagai aplikasi AR berbasis android sebagai inovasi teknologi untuk meningkatkan kemampuan spasial pelajar dalam pembelajaran matematika, khususnya kalkulus. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah RnD (*Research and Development*). Hasil analisis kebutuhan menyatakan bahwa 62,5% pelajar sulit memahami matematika saat pembelajaran. 62,5% pelajar memilih kalkulus sebagai mata pelajaran yang sulit. 45% kesulitan dalam memahami konsep grafik. Selain itu pada media pembelajaran yang menarik 50% pelajar menjawab aplikasi berbasis AR. Pada hasil evaluasi ahli media, aplikasi CalAR mendapat persentase 89,7% dengan kategori sangat layak. Sedangkan hasil evaluasi dari dua ahli materi didapat persentase 83,15% dengan kategori sangat layak. Berdasarkan hasil uji coba pengguna di SMA Negeri 36 Jakarta didapatkan persentase 89,43% yang menunjukkan aplikasi CalAR sangat layak untuk dijadikan media pembelajaran pada materi kalkulus. Aplikasi ini berpotensi dalam meningkatkan pemahaman pelajar terhadap kalkulus lebih lanjut. Aplikasi ini juga merupakan bentuk dukungan untuk program pemerintah dalam menyediakan sarana dan prasarana yang memadai demi menunjang keberhasilan pendidikan. Penggunaan AR dalam media pembelajaran kalkulus juga dapat diimplementasikan pada aplikasi pembelajaran yang sudah ada, sehingga *start up* yang bergerak dalam bidang pendidikan dapat berkontribusi lebih dalam membantu meningkatkan mutu pendidikan di Indonesia.

## CONTACT

tiawahyuningsih02@gmail.com

## KEYWORDS

Android Apps, Augmented Reality, Calculus,

## INTRODUCTION

Pendidikan matematika merupakan pendidikan yang penting untuk membangun logika pelajar dalam melakukan inovasi berbasis Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK). Salah satu masalah yang dihadapi dalam pembelajaran matematika di Indonesia adalah tingkat penguasaan materi yang masih rendah. Kemampuan matematika pelajar Indonesia berdasarkan hasil PISA (*Programme for International Student Assessment*) pada tahun 2018, menyatakan bahwa skor matematika pelajar Indonesia hanya 379 poin dengan rata-rata skor 489 poin. Dari 79 negara yang berpartisipasi, Indonesia menempati urutan ke-74. Skor PISA menentukan perkembangan pembangunan di suatu negara. Agenda PISA 2021 akan fokus mengujikan matematika dalam dunia yang revolutif didorong perkembangan IPTEK yang pesat. Hal ini menjadi urgensi peningkatan mutu pembelajaran matematika pada pelajar Indonesia.

Kalkulus merupakan salah satu cabang ilmu matematika yang diterapkan secara luas pada cabang ilmu pengetahuan lain. Berdasarkan data dari Pusat Penilaian Pendidikan hasil Ujian Nasional (UN) matematika jenjang SMA tahun 2015-2018 menunjukkan bahwa materi kalkulus selalu mendapat skor paling rendah dibandingkan dengan materi lain yang diujikan (disajikan pada Lampiran 1). Data ini menunjukkan tingkat penguasaan materi kalkulus pelajar Indonesia paling rendah jika dibandingkan dengan cabang ilmu matematika lainnya. Kalkulus integral adalah salah satu cabang dari kalkulus yang mempelajari definisi, sifat-sifat, dan aplikasi dari dua konsep yang terkait, yaitu integral tak tentu dan integral tentu. Kesulitan dalam memahami kalkulus integral salah satunya terletak pada penyajian grafik yang relevan dan sangat minimnya memahami simbol yang digunakan (Ramdani, 2012). Kesulitan dalam memahami grafik berhubungan dengan kemampuan spasial.

Kemampuan spasial merupakan proses mental dalam mempersepsi, menyimpan, mengingat, mengkreasi, mengubah, dan mengkomunikasikan bangun ruang. Rendahnya pemahaman kalkulus integral pada pembelajaran matematika mencirikan mutu pendidikan matematika pelajar Indonesia yang masih rendah. Kalkulus integral berperan penting dalam menyelesaikan atau mencari jalan keluar yang timbul dari permasalahan pada bidang ilmu alam seperti fisika, kimia, biologi, dan lainlain. Hal tersebut menimbulkan permasalahan yang berkaitan dengan tercapainya *Sustainable Development Goals* (SDGs) tepatnya pada tujuan ke-4, yaitu menjamin kualitas pendidikan yang inklusif dan merata serta meningkatkan kesempatan belajar sepanjang hayat untuk semua.

Upaya melakukan perbaikan dan peningkatan mutu pembelajaran matematika bagi pelajar telah dilakukan, salah satunya dengan pembaruan kurikulum, yakni Kurikulum 2013. Pada kurikulum ini pembelajaran matematika dikaitkan dengan ilmu pengetahuan lain sehingga pelajar akan lebih memahami bagaimana menafsirkan matematika dalam konteks permasalahan di kehidupan nyata (Taufiqurrohman, 2017). Namun dalam praktik pembelajaran, pelajar masih kesulitan merepresentasikan objek-objek nyata dalam gambar, diagram, atau model matematika. Pemerintah juga telah mengeluarkan program Digitalisasi Sekolah demi memperluas proses belajar mengajar serta akses penuh terhadap bahan ajar dalam satu jaringan. Program ini memberikan bantuan operasional sebagai sarana penunjang digitalisasi. Namun pembelajaran pada program ini belum mengintegrasikan media yang lebih interaktif selain dengan menggunakan video pembelajaran, seperti penggunaan *Augmented Reality*, *Virtual Reality*, maupun *Mixed Reality* yang sudah diterapkan oleh institusi pendidikan di negara maju seperti Amerika Serikat (AS).

Pada saat yang sama, tren digitalisasi semakin meningkat setelah Covid-19 yang memaksa kita menjalankan roda kehidupan dengan bergantung teknologi, tidak terkecuali kegiatan belajar mengajar. Salah satu teknologi yang semakin banyak dikembangkan adalah teknologi *Augmented Reality* (AR). Perpaduan dunia virtual dan dunia nyata dalam AR berpotensi membawa sebuah proses pembelajaran yang lebih efektif dan efisien. *Expeditions AR* merupakan salah satu aplikasi dengan teknologi AR buatan Google yang mendukung kegiatan belajar mengajar dengan menghidupkan konsep abstrak, memungkinkan pengajar mengenalkan konsep pembelajaran melalui objek 3D. Teknologi AR menjadi solusi pada kesulitan pelajar terhadap representasi objek nyata dalam gambar. Oleh karena itu, pengintegrasian teknologi AR dalam kegiatan belajar mengajar menjadi peluang peningkatan mutu pendidikan matematika dalam pendidikan untuk pembangunan yang berkelanjutan.

Kemampuan pelajar dalam kompetensi matematika perlu ditingkatkan agar kualitas pendidikan di Indonesia semakin baik sehingga menghasilkan *output* pelajar dengan kemampuan inovasi yang tinggi. Oleh karena itu, penulis menggagas solusi yang bernama CalAR sebagai aplikasi AR berbasis Android yang menjalin kemitraan dengan *startup* di bidang pendidikan dalam rangka mendukung program Digitalisasi Sekolah oleh pemerintah. Aplikasi ini menstimulasi kemampuan berpikir pelajar untuk lebih mudah memvisualisasikan objek 3 dimensi dalam pembelajaran matematika. Aplikasi ini dapat menampilkan grafik 3D dari fungsi integral sehingga pelajar dapat dengan mudah mengetahui bangun dari fungsi yang dibentuk, mencari batas integral. Tujuan pembuatan aplikasi ini adalah untuk meningkatkan kemampuan spasial siswa dalam memecahkan masalah matematika. Berdasarkan

hal tersebut diharapkan skor PISA akan meningkat sehingga mampu mendukung inovasi untuk pembangunan bidang pendidikan ke depannya.

## METHODS

Karya tulis ilmiah ini menggunakan jenis penelitian *Research and Development* (R&D) dimana penelitian R&D ini adalah penelitian yang tepat digunakan untuk mengembangkan atau menghasilkan suatu produk tertentu. Prosedur yang dilakukan dalam penelitian pengembangan ini meliputi beberapa tahap yaitu:

1. Analisis Kebutuhan
2. Desain Sistem
3. Implementasi
4. Pengujian
5. Pemeliharaan

## RESULTS AND DISCUSSIONS

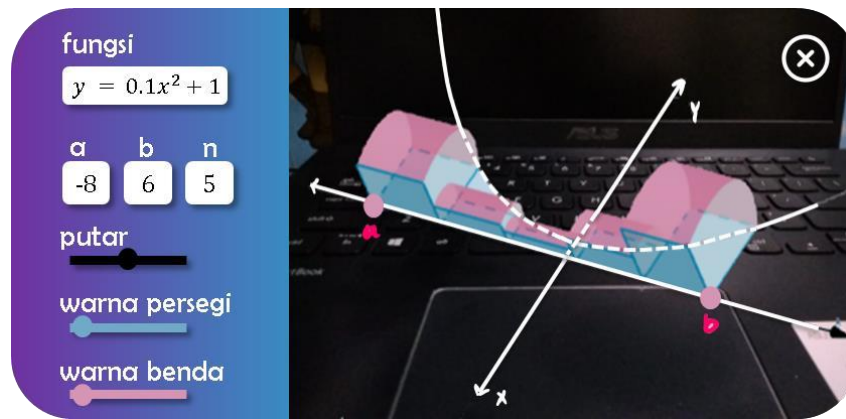
Tahapan awal dalam penelitian ini yaitu melakukan analisis kebutuhan terhadap 72 pelajar SMA Negeri 36 Jakarta. Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, peneliti menemukan bahwa 62,5% pelajar menyatakan bahwa pelajaran matematika sulit untuk dipahami saat pembelajaran daring. Berdasarkan hasil angket materi yang sulit dipahami, 52% siswa memilih kalkulus dimana alasan mereka sulit memahaminya dikarenakan kesulitan dalam memahami konsep grafik (45%), tidak paham konsep turunan (32%), dan bahkan tidak paham konsep limit (23%) yang merupakan materi pengantar kalkulus. 95% pelajar menyatakan tertarik jika ada aplikasi pembelajaran berbasis AR, 5% sisanya menyatakan video pembelajaran lebih menarik.

CalAR merupakan aplikasi berbasis android yang mengimplementasikan teknologi *Augmented Reality* (AR) yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran kalkulus integral setiap hari tanpa terikat ruang dan waktu. Pada aplikasi CalAR terdapat 6 materi pembelajaran kalkulus integral yang dapat diproyeksikan secara nyata dengan teknologi AR.



Gambar 2. Halaman Awal dan Beranda Aplikasi CalAR

Materi awal dalam aplikasi CalAR adalah pengantar kalkulus, berupa limit, turunan, dan integral. Terdapat juga fitur AR berupa penghitungan luas daerah di bawah kurva dengan objek nyata seperti bangunan terkenal maupun benda agar menarik minat pelajar dalam pembelajaran kalkulus integral. Materi kedua adalah penghitungan konsep kalkulus sederhana, yaitu luas daerah di bawah kurva menggunakan pendekatan banyak persegi panjang. Materi ketiga adalah volume benda putar yang merupakan lanjutan dari materi sebelumnya dengan objek yang diputar.



Gambar 3. Halaman Simulasi AR Aplikasi CalAR

Terdapat fitur fungsi yang bisa disesuaikan dengan kebutuhan pengguna, misalnya a dan b adalah batas interval dari kurva yang ingin dihitung, sedangkan n adalah banyaknya jumlah persegi panjang yang ingin didekatkan untuk menghitung volume dari benda putar. Kemudian terdapat juga fitur yang dapat menyesuaikan ketebalan warna dari kurva tersebut, agar pengguna mendapatkan gambaran penuh bagaimana bentuk sebenarnya dari grafik yang diputar menjadi benda. Selain itu, dengan integrasi teknologi AR pengguna dapat menyesuaikan dari arah mana saja grafik ingin dilihat.

#### Kelebihan Aplikasi CalAR:

- Dapat digunakan oleh semua kalangan seperti pelajar, mahasiswa, guru dan lainnya
- Menyajikan materi kalkulus secara lengkap
- Memiliki fitur yang mudah dan praktis
- Mampu membantu menyelesaikan soal kalkulus dengan jelas dan mudah dipahami
- Mampu menampilkan proyeksi gambar (grafik, kurva) secara lebih nyata dan dapat dilihat dari berbagai sisi

#### Kekurangan Aplikasi CalAR:

- Aplikasi harus terhubung dengan jaringan internet
- Masih dalam tahap pengembangan sehingga kontennya masih kurang variatif

#### Sub-Bagian dari Result

Produk yang telah dikembangkan, kemudian divalidasi oleh dua uji ahli. Hal tersebut untuk mendapat nilai kelayakan serta saran perbaikan terhadap aplikasi yang telah dibuat. Setelah divalidasi akan dilakukan analisis menggunakan teknik analisis yang dipaparkan oleh (Akbar, 2015).

Menurut hasil validasi ahli materi dan media. Hasil validasi yang dilakukan kepada ahli media Dosen Pendidikan Matematika yang kompeten dalam bidang media pembelajaran karena mengajar mata kuliah tersebut yaitu Tian Abdul Aziz, S.Pd., Ph.D. pada hari Kamis, 10 Maret 2022. Uji coba kepada ahli media menggunakan instrumen kuesioner dengan 16 item pernyataan. Persentase data ahli media disajikan pada tabel berikut ini:

Tabel 3. Hasil Analisis Ahli Media

No	Aspek	Skor Empirik yang Dicapai	Skor yang Diharapkan	Persentase	Ket
1.	Kemenarikan visual	21	24	87,5%	Sangat Layak
2.	Ketergunaan aplikasi	11	12	91,6%	Sangat Layak
3.	Kepraktisan aplikasi	18	20	90%	Sangat Layak
<b>Rata-rata seluruh aspek</b>				89,7%	Sangat Layak

Perhitungan data uji ahli materi yang dilakukan kepada ahli materi yaitu Qorry Meidianingsih, M.Si. selaku Dosen Prodi Pendidikan Matematika. Uji coba kepada ahli materi menggunakan instrumen kuesioner dengan 16 item pernyataan. Persentase data ahli media disajikan pada tabel berikut ini:

Tabel 4. Hasil Analisis Ahli Materi

No	Aspek	Skor Empirik yang Dicapai	Skor yang Diharapkan	Persentase	Ket
1.	Kualitas isi dan tujuan	38	44	86,3%	Sangat Layak
2.	Kualitas pembelajaran	16	20	80%	Sangat Layak
<b>Rata-rata seluruh aspek</b>				83,15%	Sangat Layak

Produk yang telah dikembangkan ini tidak dilakukan uji coba kepada siswa. Produk ini hanya sampai pada tahap uji ahli dan saran perbaikan yang diberikan oleh ahli media dan materi. Setelah itu peneliti melakukan revisi namun tidak dilakukan uji ahli kembali.

Pada tahap terakhir yaitu ada tahap evaluasi, tahap ini dilakukan untuk mengetahui apakah media yang dikembangkan layak menurut ahli media dan ahli materi. Hasil evaluasi ahli media yaitu 89,7% dengan kategori sangat layak. Sedangkan hasil evaluasi dari dua ahli materi yaitu 83,15% dengan kategori sangat layak. Berikut tabel hasil evaluasi media dari pada ahli:

Tabel 5. Hasil Evaluasi Media

No.	Tahap Uji Ahli	Persentase Capaian	Keterangan
1.	Hasil validasi ahli media	89,7%	Sangat Layak
2.	Hasil validasi ahli materi 1	83,15%	Sangat Layak
<b>Rata-rata hasil uji ahli</b>		<b>86,42%</b>	<b>Sangat Layak</b>

Berdasarkan tabel di atas rata-rata hasil uji ahli sebesar 86,42% dengan kategori sangat layak. Oleh karena itu, media aplikasi pembelajaran yang dikembangkan telah memenuhi aspek penilaian dalam kelayakan suatu media. Sehingga, media aplikasi ini sangat layak untuk peningkatan kualitas pembelajaran jarak jauh yang lebih berkualitas di abad 21. Setelah evaluasi dilakukan terdapat tahap untuk penyempurnaan aplikasi sesuai saran yang diberikan oleh ahli media.

## CONCLUSIONS

Aplikasi CalAR dapat meningkatkan kemampuan spasial pelajar dalam pembelajaran kalkulus abad 21. Pembuatan aplikasi ini disesuaikan dengan perkembangan teknologi dan pengintegrasian teknologi pada bidang pendidikan. Aplikasi ini memberikan kemudahan bagi pelajar untuk lebih menangkap konsep kalkulus dengan peningkatan kemampuan spasial. Dengan begitu, pelajar dapat lebih mudah menyelesaikan soal-soal atau permasalahan yang berkaitan dengan kalkulus pada pembelajaran sehari-hari, ujian atau pemecahan masalah yang berkaitan dengan bidang ilmu lainnya. Kemudian pelajar Indonesia dapat meningkatkan logika serta kemampuan berpikir kritisnya dalam memecahkan suatu masalah, sehingga terciptalah karakter unggul pelajar Indonesia abad 21 yang pada akhirnya dapat menjadi mesin penggerak bangsa dalam meraih tujuan SDGs maupun Indonesia EMAS 2045.

## ACKNOWLEDGEMENTS

Penyusunan artikel ini tidak terlepas dari pihak-pihak yang telah memberikan bantuan, masukan, dan motivasi, sehingga penyusunan artikel ini dapat terselesaikan dengan baik. Pada kesempatan kali ini, penulis hendak menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT
2. Orang tua dan keluarga kerabat terdekat
3. Bapak /Ibu dosen pembimbing

## REFERENCES

- Akçayır, M., Akçayır, G. (2016). Advantages and Challenges Associated With Augmented Reality For Education: A Systematic Review Of The Literature. *Educational Research Review*. 20, 1–11
- Borisovich, S. (2018). The Potential of Using Google Expeditions and Google Lens Tools under STEM- education in Ukraine. *STEM Digital Education in Ukraine*. Retrieved from ResearchGate.

- Badan Pusat Statistik. (2010). Rata-rata Lama Sekolah Penduduk Usia 15 Tahun ke Atas Menurut Status Ekonomi. Jakarta Pusat: Badan Pusat Statistik.
- Depdiknas. (2006). *Permendiknas No.22 Tahun 2006 tentang Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar Kurikulum 2006*.
- Kamelia, L. (2015). Perkembangan Teknologi Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Interaktif Pada Mata Kuliah Kimia Dasar. *Edisi Juni, IX(1)*.
- Kemdikbud. (2019b). *Digitalisasi Sekolah Mendukung Indonesia Maju* (39th ed., Vol. 1). Jakarta: BLKM Kemdikbud.
- Mustaqim, I., & Kurniawan, N. (2017). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality. *Jurnal Edukasi Elektro, 1(1)*, 37–47.
- OECD. (2018). PISA 2021 Mathematics Framework. Retrieved December 29, 2020, from pisa2021maths.oecd website: <https://pisa2021-maths.oecd.org/>
- OECD (2019), PISA 2018 Results (Volume III): What School Life Means for Students' Lives, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/acd78851-en>
- OECD (2019), PISA 2018 Results (Volume II): Where All Students Can Succeed, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/b5fd1b8f-en>
- OECD (2019), PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- Rahman, B. 2012. Pembelajaran geometri dengan Wingeom untuk meningkatkan kemampuan spasial dan penalaran matematis siswa. Tesis. Sekolah PascaSarjana UPI.
- Rahmawati, E., Annajmi, & Hardianto. (2016). Analisis Kemampuan Matematis Pelajar dalam Menyelesaikan Soal Matematika Bertipe PISA. *Jurnal Pendidikan Matematika*. e-journal.upp.ac.id.
- Ramdani, Y. (2012). Pengembangan Instrumen Dan Bahan Ajar Untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi, Penalaran, Dan Koneksi Matematis Dalam Konsep Integral. *Jurnal Penelitian Pendidikan, 13(1)*, 45–51.
- R. Susanto and A. D. Andriana, "Perbandingan Model Waterfall Dan Prototyping," *Maj. Ilm. UNIKOM*, Vol. 14, No. 1, pp 41-46, 2016
- Sumaryanta, Priatna, N., & Sugiman. (2019). Pemetaan Hasil Ujian Nasional Matematika. *Indonesian Digital Journal of Mathematics and Education, 6(1)*, 543–557.
- Taufiqurokhman, Nirmala, & Andriansyah, A. (2017). *Strategi Pelaksanaan Kebijakan Pemerintah Indonesia Meningkatkan Mutu Pendidikan Di Indonesia* (pp. 1–20). Universitas Gorontalo.
- Zantua, L.S.O (2017). Utilization of Virtual Reality Content in Grade 6 Social Studies Using Affordable Virtual Reality Technology. *Asia Pacific Journal of Multidisciplinary Research, 5(2)*, 1–10.