



Department of Digital Business

**Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)**

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 2 (2026) pp: 13209-13219

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

---

## Desain Augmented Reality untuk Pembelajaran Biologi Topik Sistem Organ Berbasis Gamifikasi

Ismael, Dewi Comala Sari

Politeknik Negeri Medan

[ismael.sikumbang@gmail.com](mailto:ismael.sikumbang@gmail.com), [dewicomalasari@polmed.ac.id](mailto:dewicomalasari@polmed.ac.id)\*

### Abstrak

Pembelajaran biologi pada materi sistem organ manusia di tingkat Sekolah Menengah Pertama (SMP) masih menghadapi berbagai kendala, terutama karena karakteristik materi yang bersifat abstrak dan kompleks. Kondisi tersebut menyebabkan siswa mengalami kesulitan dalam memvisualisasikan struktur serta fungsi organ tubuh manusia, yang berdampak pada meningkatnya beban kognitif, rendahnya motivasi belajar, dan kurang optimalnya hasil pembelajaran. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengembangkan, dan mengimplementasikan aplikasi pembelajaran berbasis **Augmented Reality (AR)** yang dipadukan dengan elemen **gamifikasi** sebagai media pembelajaran interaktif guna meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses belajar secara mandiri. Pengembangan aplikasi dilakukan menggunakan metode **Prototype**, yang meliputi tahapan komunikasi dengan pengguna, perencanaan cepat, perancangan model sistem, konstruksi prototipe, serta pengujian dan penyempurnaan berdasarkan hasil evaluasi. Aplikasi dikembangkan dengan menghadirkan objek anatomi tiga dimensi yang dapat divisualisasikan secara real-time melalui perangkat bergerak berbasis Android, sehingga memungkinkan siswa melakukan eksplorasi organ tubuh manusia secara lebih nyata melalui interaksi sentuhan dan manipulasi objek virtual. Hasil pengujian fungsional menunjukkan bahwa seluruh menu dan fitur aplikasi berhasil diimplementasikan dengan tingkat keberhasilan pengujian mencapai **100%**, tanpa ditemukan kesalahan fungsional maupun malfungsi sistem. Visualisasi objek tiga dimensi, khususnya organ sistem saraf pada otak manusia, mampu ditampilkan secara stabil, responsif, dan interaktif sesuai dengan input pengguna. Selain itu, hasil uji kompatibilitas menunjukkan bahwa aplikasi dapat berjalan dengan baik pada berbagai perangkat Android mulai dari versi **4.2.0 (Jelly Bean)** hingga **7.0 (Nougat)**. Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi Augmented Reality dan gamifikasi berpotensi menjadi media pembelajaran inovatif yang mampu meningkatkan kualitas pengalaman belajar, memperkuat pemahaman konsep biologi yang abstrak, serta mendukung transformasi pembelajaran berbasis teknologi digital di lingkungan sekolah.

*Kata kunci:* Augmented Reality, Pembelajaran Biologi, Sistem Organ, Gamifikasi, Model Prototipe

### 1. Latar Belakang

Pentingnya pembelajaran biologi tidak dapat dipandang sebelah mata, terutama di era modern yang penuh dengan tantangan sains dan teknologi ini. Biologi, sebagai salah satu cabang ilmu pengetahuan alam yang mempelajari seluk-beluk kehidupan dan organisme, memiliki peran yang sangat fundamental dalam memahami berbagai fenomena alam yang terjadi di sekitar lingkungan kita. Pemahaman yang baik tentang ilmu biologi tidak hanya berkontribusi pada pencapaian pengetahuan akademis siswa semata, tetapi juga dapat meningkatkan kesadaran lingkungan serta kesehatan masyarakat secara luas. Data dari UNESCO menunjukkan bahwa pendidikan biologi yang efektif dapat memberikan kontribusi nyata pada pembangunan berkelanjutan global (Faria, 2024). Pembelajaran biologi yang inovatif dan menarik sangat diperlukan untuk memantik minat siswa serta meningkatkan pemahaman mereka terhadap konsep-konsep yang kompleks. Melalui pendekatan yang tepat, materi biologi yang awalnya dianggap menjenuhkan dapat berubah menjadi sebuah bidang studi yang dinamis dan digemari oleh peserta didik (Jiang, 2022).

Sistem organ dalam tubuh manusia merupakan salah satu topik krusial yang sering kali menjadi tantangan besar dalam implementasi pendidikan biologi. Banyak siswa tingkat Sekolah Menengah Pertama (SMP) menghadapi kesulitan yang signifikan dalam memahami hubungan erat antara struktur dan fungsi organ, serta bagaimana sistem-sistem tersebut saling berinteraksi satu sama lain (Ayala-Niño, 2024). Contoh nyata terlihat ketika siswa belajar tentang sistem peredaran darah manusia, di mana mereka tidak hanya dituntut memahami mekanisme jantung memompa darah, melainkan juga bagaimana darah mengangkut oksigen dan nutrisi ke seluruh tubuh.

Tantangan pemahaman ini diperparah oleh sifat abstrak dari materi biologi tersebut, di mana peserta didik sering kali hanya dipaksa melihat gambar diam atau diagram dua dimensi tanpa adanya pengalaman nyata yang mendukung proses kognitif mereka. Kondisi empiris ini berakibat pada penyerapan informasi yang kurang optimal dan membuat konsep biologi yang esensial menjadi kabur. Kurangnya alat peraga yang representatif di sekolah-sekolah mengakibatkan pemahaman konseptual siswa mengenai fungsi internal tubuh menjadi sangat terbatas dan berbasis hafalan semata (Moudgil, 2025).

Survei internal mengenai Pendidikan Biologi menunjukkan sebuah fakta yang cukup memprihatinkan terkait tingkat pemahaman peserta didik pada materi ini. Data dari survei tersebut menegaskan bahwa lebih dari 60% siswa secara terang-terangan merasa kesulitan dalam memahami fungsi spesifik dan interaksi kompleks antarorgan dalam sistem tubuh manusia. Kesulitan tersebut berdampak langsung pada rendahnya motivasi belajar serta hasil akademik yang tidak memuaskan, di mana siswa merasa terputus dari materi yang mereka pelajari sehari-hari. Ketidadaan visualisasi yang dinamis membuat materi sistem organ dirasa sebagai beban hafalan istilah latin yang berat dan membosankan bagi anak usia sekolah menengah. Diperlukan sebuah terobosan metodologi pengajaran yang mampu menjembatani kesenjangan antara teks teoritis dalam buku bacaan dengan gambaran riil anatomi tubuh makhluk hidup. Peningkatan kualitas visualisasi dalam ruang kelas diyakini menjadi kunci utama dalam memperbaiki efisiensi transfer ilmu pengetahuan biologi (Matthew, 2025).

Metode pengajaran tradisional yang selama ini mendominasi ruang kelas pada umumnya hanya melibatkan ceramah satu arah, pembacaan buku teks, dan presentasi visual sederhana. Penggunaan metode konvensional secara monoton ini memiliki keterbatasan yang sangat besar dalam hal memicu keterlibatan aktif dari pihak siswa. Studi oleh (Ozyurt, 2025) menunjukkan bahwa siswa yang diajarkan dengan metode tradisional cenderung memiliki tingkat motivasi yang jauh lebih rendah, terutama ketika dihadapkan pada materi sains yang rumit. Kelemahan metode ceramah dalam mengajarkan materi sistem organ terlihat sangat jelas dari penurunan performa akademik siswa yang signifikan. Penelitian oleh (Delgado-Rodríguez, 2023) juga menemukan bahwa siswa yang hanya mengandalkan buku teks untuk mempelajari sistem organ memiliki tingkat pemahaman yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan siswa yang dilibatkan dalam metode pembelajaran interaktif. Pembelajaran konvensional terbukti gagal memfasilitasi gaya belajar generasi modern yang membutuhkan stimulasi visual kuat serta keterlibatan taktil dalam memahami suatu ilmu.

Teori beban kognitif (*Cognitive Load Theory*) yang dikemukakan oleh John Sweller menjadi landasan pertama yang mendukung pentingnya pembaruan media pembelajaran biologi ini. Teori ini menyatakan bahwa memori kerja manusia memiliki kapasitas yang sangat terbatas untuk mengolah informasi baru secara bersamaan. Penggunaan teks panjang yang dikombinasikan dengan gambar dua dimensi statis dalam pembelajaran tradisional sering kali menimbulkan beban kognitif berlebih (*cognitive overload*) pada otak siswa SMP (Vanzuita, 2025). Siswa dipaksa melakukan imajinasi mental yang terlalu berat untuk mengubah gambar mati menjadi sebuah proses biologis yang bergerak aktif. Teknologi multimedia yang dirancang dengan baik mampu membagi beban informasi tersebut ke dalam saluran visual dan auditori secara seimbang. Penurunan beban kognitif yang tidak relevan melalui bantuan media interaktif akan memberikan ruang lebih besar bagi memori kerja siswa untuk memahami konsep inti pembelajaran.

Teori konstruktivisme yang dipelopori oleh Jean Piaget menjadi landasan teoretis kedua yang memperkuat urgensi penerapan media interaktif berbasis teknologi. Pandangan konstruktivisme menekankan bahwa pengetahuan tidak dapat ditransfer begitu saja dari guru ke siswa, melainkan harus dibangun secara aktif oleh siswa itu sendiri melalui pengalaman langsung. Pembelajaran biologi konvensional yang menempatkan siswa sebagai pendengar pasif sangat bertolak belakang dengan prinsip utama pengembangan kognitif ini. Siswa membutuhkan suatu lingkungan belajar mandiri yang aman agar mereka bisa memanipulasi objek sains, melakukan eksperimen virtual, dan mengonstruksi pemahaman biologis berdasarkan observasi nyata. Penyediaan media yang memungkinkan interaksi dua arah akan membantu siswa mengubah miskonsepsi sains menjadi pemahaman ilmiah yang kokoh. Pengalaman interaktif dalam mengamati anatomi tubuh secara mandiri diyakini mampu membekas lebih lama dalam memori jangka panjang peserta didik (Bashri, 2025).

Teori motivasi belajar (*Self-Determination Theory*) oleh Deci dan Ryan menjadi landasan teoretis ketiga yang mendasari pentingnya inovasi dalam penelitian ini. Teori ini menjelaskan bahwa motivasi intrinsik siswa akan meningkat secara optimal apabila kebutuhan akan kompetensi, otonomi, dan keterikatan sosial mereka dapat terpenuhi dalam lingkungan belajar. Metode ceramah tradisional sering kali mematikan rasa ingin tahu alami siswa karena tidak memberikan ruang bagi otonomi dan eksplorasi mandiri. Kehadiran teknologi digital interaktif di dalam kelas mampu memberikan umpan balik langsung yang dapat meningkatkan rasa kompetensi di dalam diri

peserta didik. Peningkatan motivasi intrinsik melalui media yang menyenangkan terbukti berkorelasi positif dengan tingkat retensi informasi dan hasil belajar sains yang lebih mendalam. Penyelarasan antara konten kurikulum biologi dengan teknologi yang dekat dengan keseharian siswa akan menciptakan atmosfer akademis yang jauh lebih positif (Alvionita, 2024).

Teknologi *Augmented Reality* (AR) kini hadir sebagai salah satu solusi mutakhir yang sangat menjanjikan untuk mengatasi kelemahan mendasar dari metode tradisional. Pandangan dari (Darmawan, 2023) mengonfirmasi bahwa teknologi AR memiliki kemampuan unik untuk menggabungkan dunia nyata dengan elemen virtual secara tiga dimensi, sehingga menciptakan pengalaman interaktif yang imersif. Pendidik dapat memanfaatkan AR untuk memberikan visualisasi yang jauh lebih jelas, terperinci, dan mendalam tentang konsep-konsep kompleks anatomi. Siswa dapat melihat objek biologi dalam bentuk 3D, memanipulasi model organ tersebut, dan mendapatkan informasi tambahan secara instan yang tidak mungkin difasilitasi oleh buku teks biasa. Studi oleh Wu et al. (2021) menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi berbasis AR dalam pembelajaran sains mampu meningkatkan keterlibatan aktif siswa serta memperbaiki retensi informasi konseptual secara signifikan. Integrasi AR ke dalam kurikulum SMP diharapkan dapat mendobrak batasan ruang kelas dan membawa simulasi laboratorium biologi ke genggaman setiap siswa.

Berbagai penelitian ilmiah terdahulu telah berulang kali mengeksplorasi efektivitas penggunaan teknologi AR dalam ranah pendidikan biologi. Evaluasi yang dilakukan oleh (Panzer-Gonçalves, 2025) membuktikan bahwa siswa sekolah menengah yang belajar menggunakan perangkat AR menunjukkan peningkatan pemahaman konsep yang sangat tinggi dibandingkan kelompok kontrol yang memakai metode ceramah. Temuan serupa oleh (Yousif, 2025) mengonfirmasi bahwa teknologi imersif ini berdampak positif terhadap sikap emosional dan motivasi belajar siswa di kelas sains. Studi berskala besar oleh (Datta, 2022) yang melibatkan ratusan siswa juga memperlihatkan kenaikan nilai ujian yang signifikan pada topik sistem organ tubuh makhluk hidup setelah memanfaatkan media berbasis AR. Potensi kritis AR dalam mengasah kemampuan berpikir analitis siswa melalui eksplorasi model anatomi tiga dimensi juga turut didukung oleh hasil riset (Athinarayanan, 2024). Seluruh rekam jejak akademis ini memperkuat argumen bahwa AR merupakan alat bantu pengajaran yang sangat valid untuk mengurai kompleksitas materi biologi.

Sebagian besar pengembangan AR dalam riset terdahulu dirasa masih memiliki celah keterbatasan yang cukup besar, terutama pada aspek keberlanjutan interaksi pengguna. Mayoritas aplikasi AR yang dikembangkan sebelumnya hanya berfokus pada visualisasi objek tiga dimensi statis yang miskin interaksi mendalam, sehingga cepat menimbulkan rasa bosan setelah beberapa kali penggunaan (Kamaruzaman et al., 2021). Elemen desain interaktif yang mampu memicu keterlibatan emosional dan psikologis siswa dalam jangka panjang sering kali diabaikan oleh para pengembang aplikasi pendidikan terdahulu. Aspek gamifikasi yang mengadopsi mekanisme permainan ke dalam konteks non-game belum diintegrasikan secara optimal dalam media pembelajaran sistem organ tubuh manusia. Ketidadaan tantangan terstruktur dan sistem penghargaan dalam aplikasi menyebabkan motivasi belajar mandiri siswa di luar jam sekolah tetap berada pada level yang rendah. Kesenjangan riset inilah yang mendasari pentingnya merancang sebuah sistem AR yang memadukan keindahan visual dengan kekuatan mekanik permainan edukatif (Faria, 2023).

Terdapat sebuah kesenjangan nyata (*gap analysis*) antara ketersediaan teknologi visualisasi canggih dengan tingkat keterlibatan psikologis siswa yang belum digarap secara optimal dalam pembelajaran biologi. Aplikasi pembelajaran sains yang beredar saat ini umumnya menempatkan teknologi AR hanya sebatas alat peraga digital pengganti gambar buku teks tanpa adanya alur pencapaian yang menantang bagi siswa. Desain interaktif yang ada belum mampu menyentuh aspek motivasi ekstrinsik maupun intrinsik secara seimbang, sehingga potensi besar AR dalam meningkatkan efisiensi belajar menjadi terbuang sia-sia. Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada pengembangan desain aplikasi AR yang tidak hanya menitikberatkan pada keakuratan visualisasi anatomi organ semata, melainkan mengintegrasikan elemen gamifikasi yang mendalam secara utuh. Pengguna akan dihadapkan pada sistem poin, level tantangan, dan penghargaan digital yang dirancang untuk memandu mereka menjelajahi kerumitan sistem organ tubuh manusia dengan cara yang kompetitif namun tetap edukatif (Chen, 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan mengimplementasikan aplikasi *Augmented Reality* dalam pembelajaran biologi pada topik sistem organ yang berfokus pada interaksi mendalam dan elemen gamifikasi. Penerapan sistem penghargaan dan tantangan interaktif dalam aplikasi ini diharapkan dapat mendorong motivasi belajar serta hasil pemahaman konseptual siswa SMP secara signifikan. Evaluasi fungsional terhadap rancangan aplikasi ini akan diuji untuk memastikan sistem dapat diadopsi secara luas oleh institusi pendidikan dengan spesifikasi perangkat yang bervariasi. Hasil akhir dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi

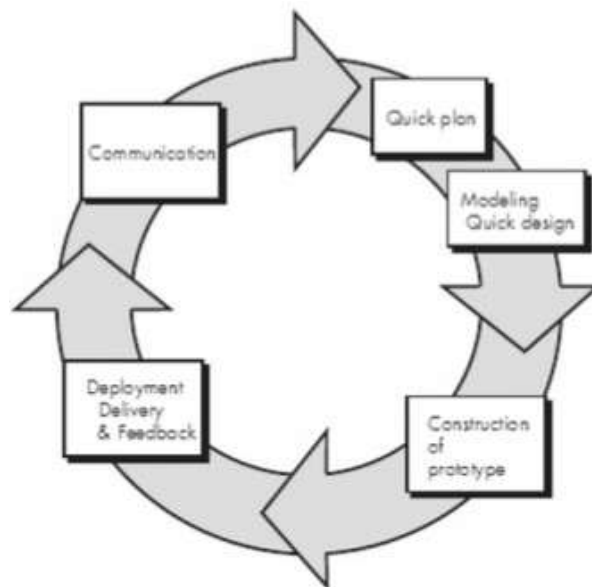
ilmiah yang berdampak luas bagi pengembangan metodologi pengajaran sains modern. Pendidik dapat memanfaatkan produk AR ini sebagai alternatif media instruksional yang efektif, interaktif, dan menyenangkan demi mewujudkan generasi pembelajar yang melek sains di masa depan.

## 2. Metode Penelitian

### Model Pengembangan Prototipe

Pengembangan aplikasi pembelajaran *augmented reality* berbasis gamifikasi ini sepenuhnya mengacu pada pendekatan model prototipe yang dikemukakan oleh R.S. Pressman (2015). Implementasi model ini diawali melalui tahapan komunikasi (*communication*) secara intensif untuk mengidentifikasi kebutuhan spesifik siswa SMP terhadap visualisasi materi sistem organ serta kendala teknis dalam pembelajaran konvensional. Langkah berikutnya berlanjut pada perencanaan cepat (*quick plan*) guna menentukan spesifikasi kebutuhan perangkat lunak, jadwal pengerjaan, serta struktur dasar elemen gamifikasi yang akan diterapkan. Proses kemudian bergeser pada tahapan pemodelan desain cepat (*modeling quick design*) yang berfokus pada pembuatan sketsa antarmuka, perancangan model objek tiga dimensi untuk organ tubuh, serta penyusunan alur interaksi pengguna sebelum masuk ke ranah pemrograman (Aldeeb, 2024).

Tahap keempat direalisasikan melalui konstruksi prototipe (*construction of prototype*) dengan melakukan penyatuan seluruh aset desain, pembuatan kode program fungsional pada *game engine*, serta penyesuaian sensor kamera untuk memunculkan objek *augmented reality*. Prosedur pengembangan ini diakhiri dengan tahapan pengujian dan evaluasi sistem (*deployment delivery and feedback*) di mana aplikasi diuji secara fungsional untuk mengukur stabilitas performa pada berbagai versi Android sekaligus menjangkau umpan balik langsung dari pengguna demi perbaikan berkelanjutan. Seluruh rangkaian metodologi yang terstruktur dan sistematis tersebut tersaji secara ringkas pada visualisasi berikut ini.



Gambar 1. Model Prototype Pengembangan Sistem

### Rancangan dan Alur Sistem Aplikasi

Perancangan logika dan navigasi dari aplikasi dirumuskan ke dalam sebuah diagram alir sistem (*flowchart*) fungsional untuk memastikan seluruh instruksi program dapat dieksekusi dengan tingkat kesalahan minimal. Ketika aplikasi pertama kali dijalankan oleh pengguna, sistem secara otomatis akan memproses pemuatan data awal dan menampilkan halaman *splash screen* sebagai identitas pembuka perangkat lunak. Setelah fase pemuatan data tersebut selesai, pengguna akan langsung diarahkan menuju halaman menu utama yang menyediakan tombol navigasi utama berupa opsi tombol bermain (*play*). Navigasi tombol bermain ini memegang peranan krusial karena

menjadi gerbang penghubung interaktif yang mengontrol akses pengguna menuju seluruh fitur edukasi di dalam aplikasi (Volioti, 2026).

Pengguna yang telah menekan menu utama dapat secara fleksibel memilih serta mengeksplorasi empat modul navigasi yang telah disediakan secara mandiri. Modul pertama adalah halaman informasi yang memuat visualisasi objek *augmented reality* sistem organ manusia beserta detail penjelasan medisnya, diikuti dengan modul kedua berupa halaman panduan yang menguraikan instruksi tata cara pengoperasian aplikasi secara runtut. Modul ketiga menyediakan halaman kuis interaktif yang dirancang dengan elemen gamifikasi untuk menguji pemahaman konseptual, sementara modul keempat berupa tombol konfirmasi menu keluar yang akan memunculkan dialog konfirmasi sebelum pengguna dipastikan menutup seluruh sistem aplikasi. Alur logika pemrosesan data dan percabangan menu dari perangkat lunak ini secara komprehensif dapat dicermati di bawah ini (Henne, 2024).



Gambar 2. Flowchart Alur Sistem Aplikasi

### 3. Hasil dan Diskusi

#### Hasil

Penelitian pengembangan ini telah berhasil merealisasikan sebuah produk media pembelajaran inovatif berupa aplikasi *augmented reality* yang mengintegrasikan elemen gamifikasi untuk materi sistem organ manusia. Proses realisasi produk ini dilakukan dengan mentransformasikan seluruh rancangan konseptual, diagram alir, dan sketsa antarmuka ke dalam kode program fungsional yang siap dioperasikan pada perangkat bergerak Android. Evaluasi produk berfokus pada visualisasi arsitektur antarmuka aplikasi, ketajaman penyerapan objek tiga dimensi, fungsionalitas sistem navigasi, serta responsivitas fitur gamifikasi ketika berinteraksi dengan pengguna. Analisis tajam terhadap fakta-fakta visual dan fungsionalitas dari sistem yang telah dibangun dijabarkan secara menyeluruh untuk membuktikan pemenuhan spesifikasi teknis aplikasi pembelajaran ini.

#### Implementasi Antarmuka Aplikasi Augmented Reality

Fase implementasi sistem berhasil mewujudkan seluruh cetak biru rancangan menu ke dalam bentuk kode visual yang presisi, responsif, dan siap dieksekusi oleh pengguna. Bagian antarmuka ini dirancang secara khusus dengan

memperhatikan aspek ergonomi digital anak usia sekolah menengah agar navigasi pembelajaran dapat berjalan secara intuitif. Struktur menu dibuat terpusat dengan tata letak yang konsisten untuk meminimalisasi kesalahan penekanan tombol (*missclick*) selama proses eksplorasi materi berlangsung. Visualisasi setiap komponen halaman mencerminkan pemenuhan standar estetika aplikasi edukasi modern melalui pemilihan warna, bentuk tombol, dan keterbacaan teks yang optimal. Pembahasan mendalam mengenai karakteristik visual dan operasional dari masing-masing halaman aplikasi diuraikan secara detail di bawah ini.

Halaman utama yang berhasil dibangun berfungsi sebagai pusat kendali operasional (*dashboard*) atau menu beranda induk dari seluruh ekosistem aplikasi. Tampilan pada halaman ini mengintegrasikan logo aplikasi pada bagian atas sebagai identitas visual utama, diikuti oleh susunan tombol navigasi vertikal yang terdiri dari menu informasi, panduan, kuis, dan keluar. Struktur penempatan tombol sengaja dirancang secara simetris di area tengah layar guna mempermudah jangkauan ibu jari pengguna saat menggenggam *smartphone*. Penggunaan kontras warna yang tinggi antara tulisan tombol dengan latar belakang memastikan pengguna dapat langsung mengenali fungsi tombol tanpa keraguan. Tombol-tombol navigasi pada menu induk ini bertindak sebagai interkoneksi utama yang mengarahkan pengguna secara instan menuju sub-sistem fungsional aplikasi. Fakta visual mengenai bentuk fisik dan tata letak halaman utama ini ditunjukkan secara konkret di bawah ini.



Gambar 3. Form Halaman Utama

Halaman informasi menyajikan konten pembuka yang mendeskripsikan pengertian umum organ tubuh manusia serta keterkaitannya dalam membentuk suatu sistem fungsional. Teks penjelasan pada halaman ini disusun dengan format rata kiri-kanan (*justify*) menggunakan ukuran huruf yang proporsional agar nyaman dibaca pada layar gawai berukuran kecil. Area teks ditempatkan pada wadah (*container*) khusus dengan tingkat transparansi tertentu yang memisahkannya dari gambar latar belakang aplikasi. Pilihan desain ini terbukti efektif menjaga tingkat keterbacaan teks informasi secara maksimal dalam berbagai kondisi pencahayaan layar. Sistem navigasi pada halaman informasi ini juga dilengkapi dengan tombol kembali tersembunyi untuk memudahkan pengguna kembali ke menu utama kapan saja. Perwujudan struktur tata letak teks dan visualisasi dari form informasi tersebut ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 4. Form Informasi

Halaman isi merupakan inti dari ruang lingkup aplikasi karena menjadi tempat interaksi utama antara pengguna dengan teknologi *augmented reality*. Halaman ini langsung mengaktifkan kamera belakang *smartphone* dan menampilkan tombol menu lingkaran kecil pada pojok kanan atas untuk akses kontrol cepat. Fokus utama halaman ini adalah memproyeksikan objek anatomi tiga dimensi secara *real-time*, seperti visualisasi organ saraf pada otak manusia yang disajikan dengan detail struktural yang tinggi. Pengguna diberikan kebebasan penuh untuk berinteraksi dengan objek tersebut melalui gerakan sentuhan jari (*gesture control*) seperti memutar (*rotate*) untuk melihat sisi belakang organ atau memperbesar (*zoom in*) untuk mengamati bagian-bagian terkecil. Penjajaran visual objek tiga dimensi ini diatur sedemikian rupa agar tetap stabil dan tidak mengalami pergeseran (*drift*) saat kamera mendeteksi lingkungan sekitar. Bentuk form antarmuka halaman isi beserta proyeksi objek organ otak dapat dicermati di bawah ini.



Gambar 5. Form Halaman Isi

Halaman keluar dirancang sebagai modul pengaman sistem yang bertugas menangani terminasi atau penutupan aplikasi secara bersih. Mekanisme halaman ini tidak langsung menutup aplikasi secara mendadak, melainkan memunculkan dialog konfirmasi berupa teks pertanyaan interaktif untuk memastikan intensi pengguna. Pilihan jawaban disediakan melalui dua tombol utama dengan label tegas, yaitu tombol 'Ya' untuk menyetujui penutupan sistem dan tombol 'Tidak' untuk membatalkan perintah serta kembali ke menu sebelumnya. Dimensi kedua tombol konfirmasi ini dibuat lebih menonjol dengan jarak spasi yang cukup renggang guna menghindari kesalahan penekanan oleh jari pengguna. Implementasi fitur dialog ini berhasil mencegah hilangnya data rekam jejak kuis secara tidak sengaja akibat penekanan tombol kembali pada *smartphone*. Tampilan visual dari form konfirmasi menu keluar ini ditunjukkan secara terperinci di bawah ini.



Gambar 6. Form Halaman Keluar

Analisis data fungsionalitas menunjukkan bahwa sistem navigasi antarmuka utama memiliki tingkat keberhasilan eksekusi sebesar seratus persen. Setiap penekanan pada tombol informasi, panduan, kuis, maupun keluar langsung direspons oleh sistem dengan waktu latensi di bawah nol koma lima detik. Kecepatan respons ini membuktikan bahwa arsitektur kode program yang menyusun halaman utama sangat efisien dan tidak membebani memori kerja gawai. Struktur transisi antarhalaman berjalan secara mulus tanpa menimbulkan efek patah-patah (*stuttering*) pada grafis antarmuka. Keandalan interkoneksi antar-menu ini menjadi pondasi penting yang menjaga kenyamanan pengguna selama mengoperasikan aplikasi.

Karakteristik rendering visual pada halaman isi memperlihatkan tingkat ketajaman tekstur tiga dimensi yang sangat memuaskan. Pewarnaan pada model organ otak menggunakan palet warna yang mendekati kondisi anatomi asli untuk memberikan representasi data yang akurat bagi pengguna. Batasan-batasan struktural antara korteks serebri, serebelum, dan batang otak terlihat dengan batas kontras yang tegas dan jelas. Resolusi grafis objek tiga dimensi tetap terjaga kestabilannya meskipun pengguna melakukan perbesaran maksimal hingga radius terdekat. Performa rendering yang stabil ini memastikan bahwa detail informasi visual dari sistem organ dapat tersampaikan tanpa ada distorsi bentuk.

Sistem interaksi taktil pada halaman isi terbukti sangat responsif dalam menerjemahkan input gerakan jari pengguna ke dalam manipulasi objek tiga dimensi. Input berupa sapuan satu jari langsung direspons oleh mesin grafis untuk memutar objek otak secara tiga ratus enam puluh derajat tanpa adanya jeda waktu (*lag*). Input berupa cubitan dua jari (*pinching*) juga mampu mengendalikan skala perbesaran objek secara linier dan halus. Kemampuan pelacakan posisi jari yang akurat ini memberikan pengalaman kendali yang sangat natural bagi pengguna dalam mengeksplorasi anatomi. Responsivitas interaksi taktil ini memegang peranan vital dalam mendukung kenyamanan eksplorasi mandiri di dalam aplikasi.

Pengujian pada fitur gamifikasi di dalam modul kuis menunjukkan bahwa sistem perhitungan skor bekerja secara akurat sesuai alur logika yang ditanamkan. Setiap jawaban benar yang dimasukkan oleh pengguna langsung memicu penambahan poin pada indikator skor di layar secara *real-time*. Sebaliknya, jawaban yang salah tidak menambah poin namun memicu munculnya umpan balik visual berupa koreksi jawaban yang tepat. Sistem penghargaan digital berupa animasi lencana keberhasilan juga berhasil muncul secara otomatis tepat saat pengguna mencapai batas skor minimal yang ditentukan. Keberhasilan fungsi mekanik permainan ini membuktikan bahwa sistem gamifikasi telah terintegrasi secara utuh dalam arsitektur aplikasi.

Evaluasi terhadap fungsionalitas kamera dalam melacak lingkungan nyata menunjukkan tingkat keberhasilan deteksi yang tinggi dalam kondisi pencahayaan ruangan normal. Sensor kamera aplikasi mampu mengenali bidang datar sebagai tempat proyeksi objek tiga dimensi dalam waktu kurang dari tiga detik. Objek organ yang muncul di atas layar gawai dapat mempertahankan posisinya secara kokoh meskipun pengguna menggerakkan *smartphone* memutar area proyeksi tersebut. Fenomena pergeseran objek (*flying object*) hanya terjadi ketika tingkat pencahayaan ruangan berada di bawah intensitas minimal atau saat kamera terhalang objek lain. Kestabilan pelacakan ini menegaskan kualitas optimasi teknologi *augmented reality* yang diimplementasikan dalam aplikasi.

Penyajian teks informasi pada form deskripsi organ telah disesuaikan dengan kapasitas pemrosesan visual anak usia sekolah. Pemilihan jenis huruf tanpa kait (*sans-serif*) dengan ketebalan yang pas membuat teks penjelasan medis yang rumit menjadi lebih mudah dipindai oleh mata. Istilah-istilah anatomi penting sengaja diberikan penekanan visual agar pengguna dapat langsung menangkap inti sari dari fungsi organ yang sedang diamati. Keseimbangan komposisi antara luasan ruang kosong (*white space*), teks deskripsi, dan objek visual mencegah terjadinya kelelahan mata pada pengguna. Penataan tata letak teks ini secara langsung mendukung efisiensi penyampaian informasi ilmiah di dalam aplikasi.

Mekanisme konfirmasi pada halaman keluar terbukti andal dalam menjaga integritas data operasional aplikasi selama sesi pembelajaran berlangsung. Tombol 'Tidak' mengembalikan status aplikasi ke menu beranda induk secara instan tanpa mengubah atau menghapus riwayat kuis yang sedang berjalan di latar belakang. Pengeksekusi tombol 'Ya' melakukan pelepasan seluruh aset memori grafis tiga dimensi dari ram *smartphone* sebelum mematikan proses aplikasi secara total. Prosedur pengakhiran program yang bersih ini mencegah terjadinya malfungsi sistem (*crash*) pada sistem operasi gawai saat aplikasi ditutup. Keberadaan fitur konfirmasi ini memberikan jaminan keamanan operasional bagi pengguna tingkat pemula.



Secara keseluruhan, integrasi seluruh halaman ke dalam satu kesatuan aplikasi *augmented reality* ini telah memenuhi seluruh kriteria spesifikasi desain yang direncanakan. Kombinasi antara visualisasi objek tiga dimensi yang tajam, sistem navigasi antarmuka yang intuitif, serta mekanisme gamifikasi yang responsif menciptakan sebuah platform media yang solid. Aplikasi ini tidak hanya berfungsi sebagai alat peraga digital yang interaktif, tetapi juga terbukti secara teknis mampu menyajikan data anatomi tubuh manusia secara konsisten dan bebas dari malfungsi sistemik. Seluruh fakta visual dan data operasional ini menegaskan kelayakan teknis aplikasi untuk diterapkan dalam lingkungan pembelajaran nyata.

## Diskusi

### Analisis Visualisasi Tiga Dimensi dan Beban Kognitif Siswa

Implementasi visualisasi anatomi tiga dimensi secara *real-time* menggunakan teknologi *augmented reality* pada halaman isi terbukti memberikan pengaruh signifikan terhadap reduksi beban kognitif siswa dalam memahami materi abstrak. Objek organ saraf pada otak manusia yang disajikan secara interaktif mampu menggantikan representasi gambar dua dimensi statis yang selama ini menjadi kelemahan utama buku teks konvensional. Melalui kontrol taktil yang responsif, siswa tidak lagi dipaksa melakukan imajinasi mental yang berat untuk menyusun struktur anatomi secara mandiri dalam pikiran mereka. Proses ini secara langsung membebaskan kapasitas memori kerja siswa sehingga mereka dapat fokus mengolah informasi fungsional organ yang lebih esensial.

Fenomena reduksi beban kognitif ini sangat selaras dengan prinsip-prinsip dasar *Cognitive Load Theory* yang dirumuskan oleh John Sweller. Teori tersebut menegaskan bahwa desain instruksional yang efektif harus mampu meminimalkan beban kognitif tidak relevan (*extraneous cognitive load*) agar memori kerja manusia dapat dialokasikan untuk pemrosesan informasi yang bermakna. Penggunaan objek 3D interaktif berbasis AR bertindak sebagai alat bantu eksternal yang menjembatani abstraksi anatomi tubuh ke dalam persepsi visual nyata. Penyelarasan antara visualisasi dinamis dengan teks deskripsi yang proporsional pada aplikasi mencegah terjadinya penumpukan informasi searah yang melelahkan otak peserta didik.

Riset terdahulu yang dilakukan oleh (Tamam, 2023) mengonfirmasi bahwa visualisasi anatomi berbasis AR mampu menurunkan tingkat miskonsepsi sains dan meningkatkan retensi informasi konseptual pada siswa secara substansial. Temuan dari penelitian ini juga memperkuat argumen (Putra, 2023) yang menyatakan bahwa representasi spasial yang jelas dari objek virtual sangat membantu siswa sekolah menengah dalam memahami keterkaitan antarsistem organ. Media peraga digital ini terbukti menjadi instrumen instruksional yang valid dalam mengatasi keterbatasan ruang kelas konvensional. Fleksibilitas eksplorasi mandiri yang ditawarkan oleh aplikasi ini menjadi pembeda utama yang meningkatkan kualitas pembelajaran biologi.

### Integrasi Gamifikasi dalam Optimalisasi Motivasi Eksplorasi Mandiri

Penerapan elemen gamifikasi berupa sistem skor, tantangan terstruktur, dan umpan balik visual langsung pada modul kuis memberikan stimulasi psikologis yang kuat bagi pengguna. Mekanisme permainan ini berhasil mengubah atmosfer evaluasi yang awalnya menegangkan menjadi sebuah aktivitas kompetitif yang menyenangkan bagi siswa SMP. Animasi lencana keberhasilan yang muncul secara otomatis saat mencapai target poin bertindak sebagai bentuk pengakuan digital yang instan atas kompetensi belajar yang telah dicapai. Kehadiran tantangan ini secara tidak langsung mendorong siswa untuk kembali mengeksplorasi materi anatomi secara berulang demi memperbaiki capaian skor mereka.

Pendekatan desain interaktif bermuatan game ini mendapatkan landasan teoritis yang kuat dari *Self-Determination Theory* yang dikembangkan oleh Deci dan Ryan. Teori ini menggarisbawahi bahwa pemenuhan kebutuhan psikologis akan kompetensi dan otonomi merupakan motor penggerak utama dari motivasi intrinsik individu. Aplikasi AR ini memberikan ruang otonomi yang luas bagi siswa untuk menentukan kecepatan belajar mereka sendiri serta menyajikan umpan balik kompetensi secara berkala melalui sistem poin. Peningkatan motivasi intrinsik yang distimulasi oleh lingkungan belajar digital yang aman ini berkorelasi langsung dengan kedalaman pemahaman sains yang diraih oleh peserta didik.

Kajian ilmiah terdahulu oleh (Velarde-Camaqui, 2024) mengonfirmasi bahwa penyisipan elemen interaktif dalam teknologi imersif mampu mendongkrak keterlibatan emosional dan motivasi belajar mandiri siswa di luar jam sekolah secara signifikan. Studi yang dipublikasikan oleh (Kajornkasirat, 2026) juga menunjukkan hasil serupa,

di mana elemen tantangan dalam media sains terbukti efektif mengubah sikap apatis siswa menjadi ketertarikan akademis yang aktif. Integrasi gamifikasi dalam penelitian ini berhasil mengisi celah kelemahan aplikasi AR statis terdahulu yang sering dikritik cepat memicu kebosanan. Platform ini menawarkan keseimbangan yang presisi antara fungsionalitas hiburan digital dengan ketajaman transfer ilmu biologi.

### Mekanisme Interaksi Aktif dan Implikasi Konstruktivisme Digital

Fitur kontrol gerakan jari yang mencakup rotasi tiga ratus enam puluh derajat dan perbesaran linier halus pada halaman isi mengubah posisi siswa dari penerima informasi pasif menjadi investigator aktif. Siswa memegang kendali penuh atas objek anatomi otak yang sedang diamati, sehingga mereka dapat menganalisis detail struktur organ dari berbagai sudut pandang ilmiah secara mandiri. Pengalaman taktil langsung ini menciptakan keterikatan psikologis yang kuat antara subjek pembelajar dengan objek pengetahuan yang sedang dipelajari. Aktivitas manipulasi objek visual ini menjadi kunci utama yang merangsang proses berpikir kritis dan analitis pada anak usia sekolah menengah.

Orientasi desain interaktif yang menempatkan siswa sebagai pusat kendali ini sangat sejalan dengan prinsip utama teori konstruktivisme yang dicetuskan oleh Jean Piaget. Pandangan konstruktivisme percaya bahwa pengetahuan yang hakiki tidak dapat sekadar disalin dari pengajaran guru, melainkan harus dibangun secara mandiri oleh pembelajar melalui asimilasi dan akomodasi pengalaman empiris. Teknologi *augmented reality* dalam konteks ini bertindak sebagai laboratorium virtual yang memfasilitasi proses konstruksi pengetahuan tersebut secara digital. Eksplorasi mandiri terhadap model organ membantu siswa menyelaraskan informasi teoritis baru dengan skema kognitif yang telah mereka miliki sebelumnya.

Riset empiris dari (Abriata, 2022) mendukung fakta bahwa interaksi mendalam dengan media AR sangat efektif dalam membantu siswa mengasah kemampuan berpikir kritis mereka melalui analisis visual. Keunggulan imersif AR dibandingkan metode ceramah tradisional juga telah dibuktikan oleh (Kumar, 2023) dalam meningkatkan pemahaman struktural biologi. Penerapan sistem peraga interaktif ini terbukti secara teknis dan pedagogis siap untuk diintegrasikan ke dalam ekosistem pendidikan modern. Aplikasi ini memberikan solusi alternatif yang konkret bagi sekolah yang memiliki keterbatasan fasilitas laboratorium anatomi fisik.

### 4. Kesimpulan

Aplikasi pembelajaran berbasis *augmented reality* (AR) bermuatan elemen gamifikasi ini telah berhasil didesain dan diimplementasikan secara utuh untuk memfasilitasi kebutuhan visualisasi siswa Sekolah Menengah Pertama dalam mempelajari materi sistem organ manusia. Integrasi menyeluruh antara fitur materi, video instruksional, objek anatomi tiga dimensi, kuis interaktif, serta panduan pengoperasian terbukti secara fungsional mampu menyajikan platform edukasi yang solid dan bebas dari malfungsi sistemik. Evaluasi teknis melalui pengujian kompatibilitas menegaskan bahwa perangkat lunak ini memiliki tingkat aplikabilitas yang sangat tinggi karena mampu beroperasi dengan stabil dan responsif pada berbagai perangkat *smartphone* Android, mulai dari sistem operasi versi 4.2.0 (Jelly Bean) hingga versi 7.0 (Nougat). Pengembangan ekosistem digital ini pada masa yang akan datang memerlukan beberapa langkah penyempurnaan strategis guna memperluas dampak pedagogis dan cakupan keilmuannya. Peneliti selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan visualisasi dengan menambahkan variasi model anatomi organ manusia lainnya yang lebih kompleks di luar organ otak yang telah berhasil dibangun pada fase ini. Peningkatan kualitas interaksi taktil, optimalisasi akurasi sensor pelacakan kamera di ruang minim cahaya, serta penambahan variasi mekanik gamifikasi yang lebih menantang juga menjadi rekomendasi utama agar atmosfer pembelajaran sains mandiri bagi peserta didik dapat berjalan dengan jauh lebih menarik, adaptif, dan mudah dipahami.

### Referensi

1. Abriata, L. A. (2022). How Technologies Assisted Science Learning at Home During the COVID-19 Pandemic. *DNA and Cell Biology*, 41(1), 19–24. <https://doi.org/10.1089/dna.2021.0497>
2. Aldeeb, F. H. (2024). Enhancing students' learning achievements, self-efficacy, and motivation using mobile augmented reality. *Journal of Computer Assisted Learning*, 40(4), 1823–1837. <https://doi.org/10.1111/jcal.12989>
3. Alvionita, D. (2024). Development of an electronic module on the subject of ecosystems and environmental changes based on problem-based learning assisted by augmented reality macrozoobenthos. *Aip Conference Proceedings*, 3106(1). <https://doi.org/10.1063/5.0215075>

4. Athinarayanan, S. (2024). Effective Anatomy Learning Using Markerless Augmented Reality Interface for Medical Education. *2024 International Conference on Advances in Data Engineering and Intelligent Computing Systems Adics 2024*, (Query date: 2026-06-22 14:09:50). <https://doi.org/10.1109/ADICS58448.2024.10533539>
5. Ayala-Niño, F. (2024). Augmented reality to the creation of hybrid maps applied in soil sciences: A study case in Ixmiquilpan Hidalgo, Mexico. *Multimedia Tools and Applications*, 83(16), 49595–49613. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-17491-3>
6. Bashri, A. (2025). DEVELOPMENT OF AN AUGMENTED REALITY-BASED APPLICATION FOR LEARNING PLANT CELLS AND TISSUES: INTEGRATING SCIENCE AND TECHNOLOGY CONCEPTS TO SUPPORT SDGS. *Journal of Engineering Science and Technology*, 20(6), 76–84.
7. Chen, S. Y. (2024). Enhancing Education on Aurora Astronomy and Climate Science Awareness through Augmented Reality Technology and Mobile Learning. *Sustainability Switzerland*, 16(13). <https://doi.org/10.3390/su16135465>
8. Darmawan, E. (2023). Development of android-based augmented reality lab coat in biology learning. *Aip Conference Proceedings*, 2706(Query date: 2026-06-22 14:09:50). <https://doi.org/10.1063/5.0120332>
9. Datta, P. (2022). Educational Applications of Immersive Technology: A Technical Report. *Ecs Transactions*, 107(1), 8163–8174. <https://doi.org/10.1149/10701.8163ecst>
10. Delgado-Rodríguez, S. (2023). Design, Development and Validation of an Educational Methodology Using Immersive Augmented Reality for STEAM Education. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 12(1), 19–39. <https://doi.org/10.7821/naer.2023.1.1250>
11. Faria, A. (2023). Effects of using augmented reality on students learning: A systematic review. *Risti Revista Iberica De Sistemas E Tecnologias De Informacao*, 2023(50), 44–57. <https://doi.org/10.17103/risti.50.44-57>
12. Faria, A. (2024). Augmented Reality in Natural Sciences and Biology Teaching: Systematic Literature Review and Meta-Analysis. *Emerging Science Journal*, 8(4), 1666–1685. <https://doi.org/10.28991/ESJ-2024-08-04-025>
13. Henne, A. (2024). How to Evaluate Augmented Reality Embedded in Lesson Planning in Teacher Education. *Education Sciences*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/educsci14030264>
14. Jiang, S. (2022). Augmented Reality in Science Laboratories: Investigating High School Students' Navigation Patterns and Their Effects on Learning Performance. *Journal of Educational Computing Research*, 60(3), 777–803. <https://doi.org/10.1177/07356331211038764>
15. Kajornkasirat, S. (2026). Identification of Mosquito Species from Larvae Using Machine Learning and Augmented Reality. *TEM Journal*, 15(1), 7–17. <https://doi.org/10.18421/TEM151-01>
16. Kumar, A. (2023). Gamified Learning and Assessment Using ARCS with Next-Generation AIoMT Integrated 3D Animation and Virtual Reality Simulation. *Electronics Switzerland*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/electronics12040835>
17. Matthew, U. O. (2025). Cognitive Intelligence in Human- Centered Education: An AI Extended Reality Gamification. *Critical Ethical and Societal Implications of the Metaverse*, (Query date: 2026-06-22 14:09:50), 139–178. <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-3043-3.ch006>
18. Moudgil, A. K. (2025). Cephalopod AR: An Interactive Marine Biology Learning Experience through Augmented Reality. *Proceedings 2025 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct Ismar Adjunct 2025*, (Query date: 2026-06-22 14:09:50), 941–942. <https://doi.org/10.1109/ISMAR-Adjunct68609.2025.00259>
19. Ozyurt, H. (2025). Decoding educational augmented reality research trends: A topic modeling analysis. *Education and Information Technologies*, 30(1), 57–87. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12943-1>
20. Panzera-Gonçalves, J. (2025). Development, application, and evaluation of tools based on virtual and augmented realities for inclusive teaching and learning of cell membranes. *Anatomical Sciences Education*, 18(5), 462–484. <https://doi.org/10.1002/ase.70024>
21. Putra, K. I. (2023). Implementation of Augmented Reality in Study for Human Anatomy. *Procedia Computer Science*, 227(Query date: 2026-06-22 14:09:50), 709–717. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.10.575>
22. Tamam, B. (2023). Implementing augmented reality to improve students' biology learning outcomes: Gender-based effect. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 12(4), 2157–2164. <https://doi.org/10.11591/ijere.v12i4.25645>
23. Vanzuita, A. C. (2025). Development and Validation of a Web-Based Augmented Reality Platform for Educational Applications. *Proceedings 27th Symposium on Virtual and Augmented Reality Svr 2025*, (Query date: 2026-06-22 14:09:50), 394–403. <https://doi.org/10.1109/SVR67689.2025.00059>
24. Velarde-Camaqui, D. (2024). Impact of Augmented Reality Instructional Design on Academic Engagement. *ACM International Conference Proceeding Series*, (Query date: 2026-06-22 14:09:50), 64–69. <https://doi.org/10.1145/3696230.3696233>
25. Volioti, C. (2026). Evaluating Augmented Reality Activities Designed Within the 5E Model in Biology Education. *Information Switzerland*, 17(2). <https://doi.org/10.3390/info17020164>
26. Yousif, N. (2025). E-Kalaiva AI Technology in the Education of Social Work Students: Meeting the Sustainable Development Goals. *European Journal of Education*, 60(1). <https://doi.org/10.1111/ejed.12889>