

**IMPLEMENTASI *FUNING (FUN LEARNING): GAME-BASED LEARNING PLATFORM DENGAN OPTIMALISASI COLLABORATIVE GOVERNANCE* DI ERA *NEW NORMAL* SEBAGAI UPAYA MENYUKSESKAN MERDEKA BELAJAR**

**Dyah Ayu Wiranti, Dita Ratnasari, Putu Aditya Ferdian Ariawantara**

Ilmu Administrasi Negara, FISIP, Universitas Airlangga

**ABSTRAK**

Gagasan Menteri Nadiem Makarín untuk mengimplementasikan program merdeka belajar dianggap menjadi reformasi pendidikan. Merdeka belajar adalah upaya meredefinisi kultur pendidikan dengan melibatkan seluruh aspek baik swasta, pemerintah dan masyarakat (*cnbcindonesia.com*). Siswa diberikan berbagai alternatif untuk dapat berkembang sesuai dengan minat bakat dengan menerapkan pendidikan berbasis digital terlebih di era new normal. Namun, seiring munculnya wacana merdeka belajar, pemerintah perlu mengkaji pelaksanaan pembelajaran jarak jauh (PJJ). Seperti kasus meninggalnya siswi SMA di Gowa, Sulawesi Selatan yang mengakhiri hidupnya lantaran depresi karena tugas sekolah selama menjalani PJJ (*Liputan6.com*). Masalah ini perlu diperhatikan oleh pemerintah terlebih apabila pemerintah menerapkan gagasan merdeka belajar secara daring pula. Oleh karena itu penulis memiliki inovasi *Funing (Fun Learning)* sebuah platform belajar berbasis permainan atau game-based learning yang memberikan sensasi belajar seperti bermain bersama dalam ruang digital. Inovasi ini menyediakan berbagai fitur seperti ruang private, kuis, bimbingan, dll. Inovasi ini akan terintegrasi dengan Kemendikbud, swasta, dan masyarakat sebagai wujud optimalisasi *collaborative governance*. Adapun metodologi yang digunakan adalah kualitatif deskriptif dengan studi literatur. Dengan adanya inovasi ini akan membantu menyukseskan program merdeka belajar via daring sehingga target reformasi pendidikan berbasis digital dapat diimplementasikan di Indonesia.

**Kata Kunci:** *Collaborative Governance, Funning, Game-Based Learning, Merdeka Belajar*

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Berdasarkan Surat Edaran Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud) Direktorat Pendidikan Tinggi No. 1 Tahun 2020 mengenai pencegahan penyebaran Covid-19 di dunia pendidikan menyebutkan bahwa diselenggarakannya pembelajaran jarak jauh (PJJ) sebagai langkah pro-aktif memutus penyebaran Covid-19 di era *new normal*. PJJ ini dioptimalkan dengan penerapan pembelajaran *online* atau daring. Pembelajaran online merupakan aktivitas belajar yang dalam proses pengintegrasian membutuhkan jaringan internet sebagai salah satu pendorong suksesnya PJJ berupa konektivitas, aksesibilitas, fleksibilitas, serta kemampuan untuk memunculkan berbagai jenis interaksi pembelajaran (Moore et al dalam Firman dan Sari, 2020) . Namun dalam hal ini terdapat berbagai kendala Seperti kasus meninggalnya siswi SMA di Gowa, Sulawesi Selatan yang mengakhiri hidupnya lantaran depresi karena tugas sekolah selama menjalani PJJ (*Liputan6.com*). Hal seperti kesulitan mengakses internet, kurikulum yang dirasa rumit dan berdampak pada meningkatnya rasa bosan dan jenuh akibat isolasi berkelanjutan yang menjadi pemicu terbesar terjadinya kecemasan, stress hingga depresi pada anak (*Merdeka.com*, 2020) hal ini tentu saja membutuhkan evaluasi mengenai penerapan PJJ.

Penerapan PJJ ini sejalan dengan gagasan Menteri Nadiem Makarim untuk mengimplementasikan program merdeka belajar yang dianggap menjadi reformasi pendidikan. Reformasi pendidikan adalah bentuk pemecahan masalah pendidikan dengan upaya yang strategis dan praktis (Zamroni, 1999). Terlebih adanya wacana merdeka belajar sebagai upaya redefinisi kultur pendidikan dengan melibatkan seluruh aspek baik swasta, pemerintah dan masyarakat (*cnbcindonesia.com*). Hal ini tentu saja sejalan dengan adanya kasus diatas, sehingga pemerintah perlu mengkaji PJJ terlebih jika merdeka belajar ini diterapkan secara daring. Diperlukan sebuah langkah strategis dan praktis dari semua elemen. Baik itu sektor swasta, pemerintah dan masyarakat demi membantu menyukseskan program PJJ dan wacana merdeka belajar.

Oleh karena itu penulis memiliki inovasi *Funing (Fun Learning)* sebuah platform pembelajaran berbasis permainan atau *game-based learning* yang memberikan sensasi belajar seperti bermain bersama dalam ruang digital yang diharapkan mampu mengatasi stres dan depresi pada siswa di masa pembelajaran daring. Inovasi ini menyediakan berbagai fitur seperti ruang private bagi siswa dan orang tua, kuis, bimbel, bank soal, dll. Inovasi ini akan terintegrasi dengan Kemendikbud, swasta, dan masyarakat sebagai wujud optimalisasi *collaborative governance*. Dengan adanya inovasi ini akan membantu menyukseskan program merdeka belajar via daring sehingga target reformasi pendidikan berbasis digital dapat diimplementasikan di Indonesia dan mampu mencetak generasi yang berintelektual

dibidangnya.

### **B. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana inovasi *Funing* menanggapi problema terkait pembelajaran jarak jauh di masa pandemi?
2. Bagaimana strategi implementasi *Funing* mengatasi depresi siswa dengan optimalisasi *collaborative governance* dan merdeka belajar di masa pandemi?

### **C. Tujuan**

1. Mengetahui inovasi *Funing* menanggapi problema terkait pembelajaran jarak jauh di masa pandemi
2. Mengetahui strategi implementasi *Funing* mengatasi depresi siswa dengan mengoptimalkan *collaborative governance* di masa pandemi dan wacana merdeka belajar

### **D. Manfaat**

#### 1. Manfaat bagi *stakeholder*

##### a) Bagi Mahasiswa

Mengembangkan sikap teoritis, aplikatif dan inovatif yang semakin dibutuhkan dalam merespon era *new normal* serta bentuk implementasi Tri Darma perguruan tinggi yaitu pengabdian masyarakat.

##### b) Bagi masyarakat

Memberikan alternatif bagi masyarakat terlebih siswa terkait problema pembelajaran daring yang berpengaruh pada tingkat pemahaman, depresi dan stres pada masa pandemi.

##### c) Bagi pemerintah

Membantu pemerintah dalam mengoptimalkan implementasi PJJ dan wacana merdeka belajar serta sebagai upaya memutus mata rantai penyebaran Covid-19.

#### 2. Manfaat teoritis

a) Terciptanya inovasi baru dalam membantu mengurangi tingkat depresi siswa pada saat PJJ dengan mengoptimalkan partisipasi semua elemen.

b) Memanfaatkan perkembangan IPTEK demi mendorong pencapaian percepatan penanggulangan pandemi di era *new normal*.

#### 3. Manfaat praktis

a) Dapat menekan angka depresi siswa dimasa pandemi dengan tetap melakukan

pembelajaran jarak jauh (PJJ).

- b) Menyukseskan kebijakan pemerintah dalam menciptakan pemerataan pendidikan bagi seluruh rakyat Indonesia terlebih di masa *new normal*.
- c) Mengembalikan kepercayaan diri pada siswa saat pembelajaran jarak jauh berlangsung sehingga penerapan merdeka belajar secara daring akan terlaksana secara optimal.

## TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pengertian Era *New Normal*, dan Dampaknya bagi Dunia Pendidikan

Covid-19 ditetapkan sebagai pandemi global oleh WHO sebab telah menginfeksi 181 negara di dunia (*Tirto.id*, 2020). Seiring pelaksanaan dan anjuran untuk melakukan berbagai aktivitas terkait upaya memutus mata rantai Covid-19, berbagai negara menerapkan sebuah era untuk beradaptasi dengan keadaan yang terjadi yang disebut era *new normal* atau tatanan kehidupan baru. Menurut Achmad Yurianto selaku juru bicara Gugus Depan Penanganan Covid-19 RI era *new normal* adalah tatanan, kebiasaan dan perilaku yang baru berbasis pada adaptasi untuk membudayakan perilaku hidup bersih dan sehat (*Kemkes.go.id*, 2020).

Akibat diterapkannya era *new normal* ini berpengaruh pada penerapan pembelajaran jarak jauh (PJJ). Pembelajaran jarak jauh adalah sistem pembelajaran ketika siswa dan pengajar tidak selalu hadir secara fisik secara bersamaan di sekolah (Setiawan, 2020). Adapun tiga tugas utama dalam mengimplementasikan dan mendisain PJJ menurut *Kemendikbud.go.id*, 2020 yaitu materi apa yang akan disampaikan pendidik kepada siswa, siapakah tenaga pendidik yang mampu memenuhi kebutuhan siswa, dan bagaimana cara mengimplementasikan PJJ agar lebih efektif. Dalam hal ini proses PJJ tentu membutuhkan partisipasi dari semua elemen agar terlaksana sesuai dengan harapan dan memiliki output yang maksimal.

### B. Game based Learning

Belajar adalah sebuah keadaan yang menunjukkan adanya perbedaan tindakan, sikap, sebagai output pengalaman seseorang yang memiliki keterkaitan dengan melibatkan proses kognitif yang bersifat kontinyu, fungsional, positif, aktif, dan terarah (Pane dan Dasopang, 2017). Diperlukan sebuah metode belajar yang mampu memberikan sensasi berbeda dengan tetap mengutamakan prinsip belajar yaitu perubahan perilaku sebagai hasil belajar, menapaki sebuah proses dan terjadi sebab adanya pengalaman (Menurut Suprijono dalam Thobroni, 2015, hlm. 19-20). Seperti halnya penerapan *game based learning* yaitu sebuah game edukasi yang dirancang dalam proses pembelajaran dengan pengaturan berupa pemberian topik, perluasan konsep, penguatan pembangunan, dan pemahaman beberapa peristiwa yang membantu mereka

dalam belajar keterampilan diselingi dengan bermain (Widodo, dalam Hariansyah 2019 ).

*Game based learning* ini menggabungkan beberapa media interaktif dengan komponen pendukungnya seperti teks, audio, animasi, grafis, simulasi dan video. Media interaktif ini memiliki beberapa manfaat seperti lebih interaktif, efisiensi dan efektivitas pembelajaran, kualitas dan kuantitas pemahaman siswa meningkat yang prosesnya dapat berlangsung kapanpun dan dimana pun (Novian, 2013). Adapun karakteristik dari game edukasi menurut Novian, 2013 yaitu bersifat fantasi/khayal yang dapat meningkatkan pembelajaran, memiliki aturan, tujuan dan tingkat kesulitan jelas sehingga prosesnya berjalan dengan baik, *sensory stimul* yang dapat meningkatkan motivasi pemain sebab terdapat *reward* kepada siswa, tantangan yang dapat memicu ardelnalin siswa, misteri yang memungkinkan rasa ingin tahu siswa muncul, adanya kontrol atau kewenangan untuk mengatur, memilih strategi, mengelola arah suatu kegiatan, sehingga dapat memberikan pengetahuan mengenai benar ataupun salah.

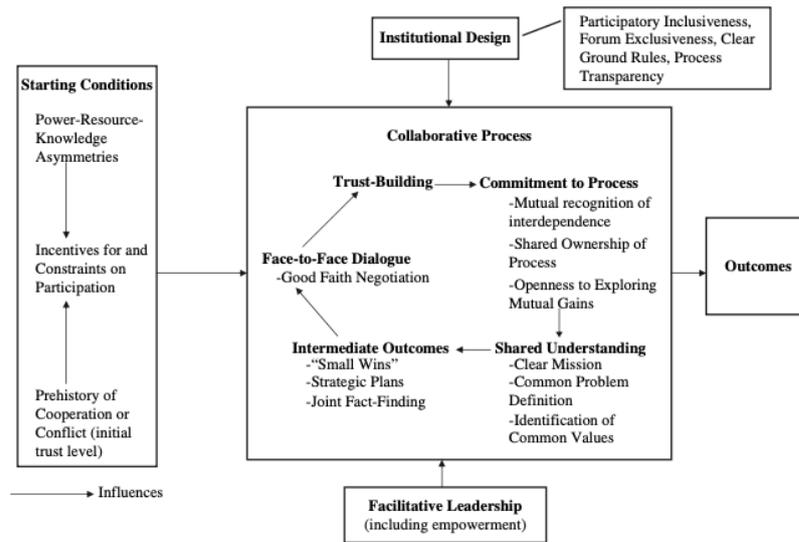
### **C. Gagasan Merdeka Belajar dan Konsekuensi**

Merdeka belajar adalah sebuah penekanan prinsip kemerdekaan bagi peserta didik untuk berkembang sesuai dengan potensi yang dimiliki dengan tetap pada pantauan tenaga pendidik (Faiz dan Kurniawaty, 2020). Tenaga pendidik disini menjadi fasilitator dengan adanya relasi saling menerima dan memberi (Mualifah, 2013). Proses ini bersifat demokratis dan humanis antara pendidik yang mengajar menjadi siswa yang belajar (Sinaga, 2003). Merdeka belajar memiliki output untuk menghasilkan kualitas dan kemampuan analisis yang tajam, pemahaman serta penalaran secara menyeluruh dalam mengembangkan diri (Harian Birawa, 2020).

Merdeka belajar juga menjadi respon terhadap berkembangnya revolusi industri 4.0 dengan upaya penguasaan pada literasi baru. Berupa literasi data, literasi teknologi, literasi manusia dengan mengutamakan pembangunan karakter (Yamin dkk, 2020). Konsep merdeka belajar dimasa pandemi dianggap sebagai solusi dalam perubahan paradigma pendidikan dan pembelajaran dan yang menjadi sentral adalah siswa. Kemerdekaan untuk berpikir adalah kunci utama dari pengimplementasian konsep merdeka belajar sehingga diharapkan terbentuk siswa yang kritis, inovatif dan mampu berkembang sesuai dengan potensi dan peluang yang ada (Anggraini, 2020).

### **D. Konsep Collaboratif Governance**

*Collaborative governance* adalah upaya mengkolaborasikan berbagai stakeholder dalam forum publik untuk terlibat dalam pengambilan keputusan yang memiliki orientasi konsensus dan musyawarah dengan tujuan membuat, mengimplementasikan kebijakan publik dalam mengelola publik program atau asset (Ansell dan Gash, 2008). Adapun model dari *collaborative governance* menurut Ansell dan Gash, 2008 yaitu:



Gambar 2.4 Model dari Collaborative Governance

Adapun pendekatan dalam *collaborative governance* terdapat dua pendekatan (Emerson K.,2018) yaitu:

1. Sistem : Pengelolaan lembaga, jaringan, proses, dan kepemimpinan serta dimensi ini dapat berubah seiring berjalannya waktu
2. Desain : Secara umum berupa memikirkan kondisi atau masalah dari sebuah *design* perspektif. Dan secara Khusus berupa rangkaian pertanyaan berfokus pada kesesuaian pendekatan kolaboratif seperti ketidakpastian, saling ketergantungan, insentif konsekuensial, dan kepemimpinan

Dalam hal ini pelaksanaan collaborative governance berusaha mendorong dan mengkolaborasikan partisipasi beberapa sektor, baik sektor privat publik dan juga masyarakat. Proses kolaborasi ini diterapkan dengan cara khusus, proses tertentu, untuk menetapkan hukum atau aturan untuk menentukan tindakan publik yang baik (Tilano & Suwitri, 2019)

### E. Tugas dan Fungsi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2015 Tentang Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang menjelaskan mengenai tugas dan fungsi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Adapun tugas lembaga ini yaitu penyelenggara urusan pemerintahan dibidang pendidikan serta pengelolaan kebudayaan nasional. Sedangkan fungsi dari lembaga ini yaitu:

1. Perumusan dan penetapan kebijakan di bidang pendidikan
2. Pelaksanaan fasilitasi penyelenggaraan pendidikan
3. Pelaksanaan kebijakan di bidang peningkatan mutu kesejahteraan

4. Koordinasi pelaksanaan tugas, pembinaan, dan pemberian dukungan administrasi kepada seluruh unsur organisasi di lingkungan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
5. pengelolaan barang milik/kekayaan negara yang menjadi tanggung jawab Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
6. pelaksanaan pengembangan, pembinaan, dan pelindungan bahasa dan sastra
7. pelaksanaan dukungan substantif kepada seluruh unsur organisasi di lingkungan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

## **METODE PENULISAN**

### **A. Jenis Penelitian**

Dalam penyusunan karya tulis ini, penulis menggunakan metode kualitatif diskriptif dengan studi literatur. Metode kualitatif adalah sebagai suatu pendekatan atau penelusuran untuk mengeksplorasi dan memahami suatu gejala sentral yang berdasarkan pada masalah sosial (Creswell dalam Raco, 2018). Masalah sosial ini berasal dari sumber yang relevan dan menyangkut dengan keadaan sekitar. Data yang diperoleh adalah berupa kata-kata kemudian dilakukan proses analisis yang dapat berupa penjabaran pemahaman penulis atas kata yang didapat. Selanjutnya dihubungkan dengan berbagai sumber yang menjadi bahan rujukan. Dengan sumber yang relevan serta sumber dari beberapa penelitian sebelumnya.

### **B. Metode Pengumpulan Data**

#### **1. Identifikasi Masalah**

Pada tahap ini penulis melakukan identifikasi masalah dengan mengumpulkan berita-berita resmi di internet maupun di koran terkait masalah PJJ selama pandemi serta solusi yang ditawarkan.

#### **2. Studi Literatur**

Studi pustaka ini dilakukan dengan cara melakukan penelaah terhadap buku, jurnal terakreditasi, literatur yang kredibel yang ada hubungannya dengan masalah yang diteliti untuk memperoleh dasar dan pendapatan secara tertulis (Nazir, 2013). Data sekunder dengan *browsing* di internet, membaca berbagai literatur, hasil kajian dari peneliti terdahulu, buku, jurnal serta sumber-sumber lain yang relevan.

#### **3. Pengembangan Sistem**

Pada tahap ini penulis melakukan pengembangan sistem dengan mengacu pada permasalahan yang telah terjadi, dan apa saja yang dapat digunakan sebagai sebuah inovasi yang penulis realisasikan dalam fitur-fitur inovasi *Funing* sehingga inovasi penulis dapat sesuai

dan menjawab permasalahan yang ada.

#### 4. Pembuatan Laporan

Tahap terakhir dari proses penelitian ini adalah penyusunan laporan yang berdasarkan hasil dari tahapan identifikasi masalah, studi literatur pengumpulan data, dan selama perancangan perangkat lunak berlangsung.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Bagaimana Inovasi *Funing* Menanggapi Problema Terkait Pembelajaran Jarak Jauh Dimasa Pandemi

*Funing* (Fun Learning) adalah inovasi karya anak bangsa yang berusaha memberikan alternatif dalam mengurangi problema pembelajaran jarak jauh (PJJ) yang dialami oleh siswa, guru dan orang tua. Sistem kerja dalam inovasi ini menawarkan sebuah game bermain berbasis mendidik serta sebagai bahan refreshing siswa pada saat rasa jenuh di kala PJJ. Inovasi ini mengkolaborasikan peran dari para stakeholder seperti:

1. Pemerintah. Pihak pemerintah yang terlibat dalam inovasi ini adalah Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang bertugas sebagai penanggung jawab dan pengawas serta sebagai perlindungan dari data diri pengguna sebab lembaga ini telah memiliki status badan hukum yang sah menurut UU
2. Pihak swasta. Peran dari pihak swasta yaitu menjadi pionir, inovator, kordinator, serta promotor untuk mempublikasikan inovasi ini. Dalam hal ini pihak yang berpartisipasi seperti lembaga bimbel yang memfasilitasi kegiatan les bagi siswa.
3. Masyarakat. Berperan sebagai pengguna dan pihak yang menjadi objek dari permasalahan yang terjadi. Dengan adanya inovasi ini diharapkan masyarakat dapat memaksimalkan dan mengimplementasikan proses kinerja inovasi.

Adapun desain yang akan menghiasi inovasi *Funing* yaitu:

#### 1. Profil

Dalam fitur ini memuat identitas umum pengguna pada umumnya, seperti nama, sekolah, kelas, dan nomor HP ataupun E-mail pengguna. Identitas ini diperlukan sebagai data yang dapat dipertanggungjawabkan oleh pengguna. Dan nantinya data yang telah diinput oleh sistem akan terjaga kerahasiaannya dari pihak manapun sebab data ini akan mendapat perlindungan dari Kemendikbud.

#### 2. Ruang Konferensi

Dalam fitur ini kegiatan pembelajaran dapat dilakukan dengan video konferensi yang interaktif antara guru dengan murid. Keunggulan dari fitur *Funing* ini dibanding dengan aplikasi lain yaitu *Funing* dapat merekam (*recording*) setiap konferensi secara otomatis

sehingga apabila siswa mengalami kendala sinyal, ataupun yang lainnya siswa dapat mendengarkan pembelajaran dilain kesempatan.

### 3. Bank Soal

Dalam fitur ini memuat kumpulan soal dari berbagai mata pelajaran yang ada. Akan terdapat opsi untuk melihat jenis soal yang dipilih oleh siswa. Bank soal ini akan ter-*update* secara berkala sehingga soal yang tersedia akan berbeda-beda. Dengan fitur ini akan membantu siswa dalam berlatih menghadapi ujian mereka.

### 4. Ruang Guru

Pada fitur ini menjadi sarana interaksi bagi tenaga pendidik untuk berkordinasi menentukan jalannya proses PJJ. Melalui fitur ini, baik tenaga pendidik maupun siswa dapat saling berinteraksi dan berkomunikasi terkait mata pelajaran masing-masing.

### 5. Game Quiz

Fitur ini akan memberikan sensasi belajar seperti bermain bersama dalam ruang digital. Siswa dapat memainkan berbagai macam *game* yang disediakan dimana dalam game tersebut juga mengandung materi pelajaran yang sesuai dengan tingkatan akademik siswa, *game* ini juga dapat terhubung antara siswa satu dengan yang lainnya sehingga dapat dimainkan bersama-sama dengan teman satu kelas. Nantinya *game quiz* ini akan dijadwalkan oleh guru sebagai sarana *refreshing* ditengah pembelajaran sekaligus sebagai penilaian akademik siswa. Nilai dan pembahasan pun akan otomatis keluar sehingga menjadi bahan evaluasi secara langsung bagi guru maupun siswa.

### 6. Ruang Tugas

Dalam fitur ini berisi kumpulan tugas dari guru yang secara otomatis terinput ke dalam sistem. Fitur ini pula akan disetting setiap 5 jam mendekati *deadline* untuk mengingatkan siswa mengenai tugas mereka sehingga nantinya pengguna tidak terlewatkan dalam mengerjakan dan mengumpulkan tugas.

### 7. Ruang Les

Ruang les merupakan fitur yang dapat dimanfaatkan siswa untuk mendapatkan pelajaran tambahan dari tutor profesional dari berbagai macam bimbel di Indonesia yang disediakan oleh *Funing*. Siswa dapat memilih sendiri tutor yang mereka mau serta pelajaran apa saja yang mereka ingin perdalami. Dengan fitur ini siswa dapat menanyakan seputar materi maupun soal yang belum mereka kuasai. Dengan adanya fitur ini juga, pihak swasta yaitu pihak bimbel telah turut serta berkontribusi dalam menyediakan layanan tutoring untuk siswa-siswa pengguna aplikasi *Funing*.

### 8. Ruang Konseling

Pada fitur ini akan menjadi sarana bagi pengguna untuk menyampaikan problema yang

dialami dan nantinya sistem secara otomatis memberikan rekomendasi terkait pemecahan masalah. Dalam fitur ini memiliki tiga ruang yaitu konseling pendidikan dan konseling kesehatan mental yang diprioritaskan bagi siswa. Sedangkan konseling orang tua yang membantu memberikan penyuluhan ataupun ruang diskusi bagi problema orang tua dimasa PJJ terlebih kendala dalam mengoptimalkan bimbingan kepada siswa.

## **B. Strategi Implementasi Funing Mengatasi Depresi Siswa Dengan Optimalisasi *Collaborative Governance* dan Merdeka Belajar di Masa Pandemi**

1. Pengumpulan data terkait kondisi pembelajaran daring yang dialami oleh siswa untuk menemukan pemecahan masalah dengan berbagai referensi yang akurat. Mengumpulkan data-data dari surat kabar/surat kabar elektronik terkait permasalahan yang menunjukkan keadaan PJJ di Indonesia, beberapa data yang telah penulis temukan adalah
  - a) Kasus meninggalnya siswi SMA di Gowa, Sulawesi Selatan yang mengakhiri hidupnya lantaran depresi karena tugas sekolah selama menjalani PJJ (*Liputan6.com*).
  - b) Wacana implementasi merdeka belajar (*News.detik.com*)
2. Perencanaan, Perumusan dan Pendesainan Inovasi. Setelah mengumpulkan data terkait permasalahan yang terjadi, penulis merumuskan poin-poin masalah tersebut dan mencoba menjawabnya dengan merealisasikannya ke dalam bentuk desain fitur inovasi. Proses ini peneliti sesuaikan dengan apa yang menjadi kebutuhan dari masyarakat, output dari fitur menunjukkan beberapa pemenuhan yang dilakukan. Setelah *prototype* berhasil didesain, langkah selanjutnya yaitu merealisasikan desain ini menjadi sebuah aplikasi dengan bantuan *apps developer*.
3. Sosialisasi. Setelah inovasi siap digunakan, peneliti akan melaksanakan sosialisasi kepada masyarakat. Hal pertama yang penulis lakukan adalah mensosialisasikan kepada pengguna untuk mulai memanfaatkan inovasi ini secara berkala. Sosialisasi ini diupayakan agar masyarakat mampu mengoperasikan inovasi ini sehingga nantinya apabila masyarakat menggunakan inovasi ini tidak terjadi *culture shock*, melalui sosialisasi pula masyarakat bisa menyampaikan terkait masalah yang belum dipahami
4. Edukasi. Setelah melakukan sosialisasi, apabila masyarakat menerima inovasi ini, maka selanjutnya akan diadakan pendampingan mengenai cara kerja inovasi ini. Cara kerja yang diberikan berupa bimbingan lebih mendalam sebab dari masyarakat menerima inovasi ini dalam memahami permasalahan yang terjadi.
5. Simulasi. Inovasi siap digunakan sebagai mana mestinya, dan sesuai dengan fitur masing-masing dan dapat di download oleh seluruh masyarakat Indonesia melalui *play*

*store* maupun *apps store*, dapat juga diunduh melalui *website* yang akan disediakan.

- a) Identifikasi resiko: trouble error, bugs, dll
  - b) Kontrol resiko: memberikan update aplikasi secara berkala
6. Evaluasi kami laksanakan secara berkala guna mengidentifikasi keberhasilan serta masalah dari inovasi ini, dan terus berusaha untuk memperbaikinya. Harapannya dengan berjalannya waktu, kami dapat menambahkan fitur lain yang sesuai dengan permasalahan yang terjadi. Evaluasi ini dilakukan untuk menimbang seberapa besar dampak yang diberikan dalam implementasi inovasi ini, dalam evaluasi ini mungkin penulis akan menyebarkan kuesioner kepada pengguna untuk mengetahui besaran partisipasi yang ada.
- a) Identifikasi: mungkin kesulitan dalam hal mendapatkan informan yang sesuai.
  - b) Kontrol resiko: memberikan opsi terkait jenis evaluasi yang dilakukan
7. Kontrol dari lembaga terkait. Disini peneliti melibatkan lembaga berbadan hukum untuk mendapatkan pertanggungjawaban yang jelas. Sehingga nantinya kepercayaan pengguna terhadap inovasi ini akan lebih baik. Kami juga akan memanfaatkan *big data* dalam proses pembuatan laporan pertanggungjawaban kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Data yang dilaporkan dapat berupa grafik keberhasilan dari inovasi ini yang didapat dari data indikator-indikator lain.
8. Monitoring. Dalam tahap ini pengguna diupayakan untuk bisa mengendalikan serta mengimplementasikan inovai secara bertahap dan berkala. Sehingga nantinya bentuk empiris dari *Funing* akan tercipta secara alami karna adanya kebiasaan yang tercermin dari fitur inovasi.

## PENUTUP

### A. Kesimpulan

Seiring meningkatnya pandemi Covid-19, pemerintah menerapkan era *new normal*. Dimana segala aktivitas diupayakan untuk dilakukan di dalam rumah baik itu bekerja, belajar dan beribadah. Pembelajaran secara daring atau PJJ tentu saja berbeda dengan pembelajaran tatap muka. Banyak siswa yang mengalami *culture shock* dari penerapan sistem ini. Mereka diupayakan untuk mampu melaksanakan sistem PJJ untuk jangka waktu yang belum ditentukan. Terlebih adanya wacana merdeka belajar dimana siswa memiliki kebebasan untuk berkembang dengan bakat, minat dan kehendak personal. Merdeka belajar ini juga nantinya tetap akan dilaksanakan secara daring sehingga tentu saja perlu persiapan yang matang dalam menanggapi hal ini. PJJ ini menjadi persoalan baru bagi semua elemen terlebih siswa sebagai

subjek dan objeknya. Permasalahannya seperti kasus meninggalnya siswa akibat depresi dari tugas yang dirasa cukup banyak. Selain itu permasalahan juga datang dari orang tua yang terpaksa menjadi tenaga pendidik. Berbagai alternatif solusi telah diberikan, namun penyelesaiannya masih belum maksimal, efisien dan efektif.

Oleh karena itu penulis memiliki inovasi *Funing (Fun Learning)* sebuah platform pembelajaran berbasis permainan atau *game-based learning* yang memberikan sensasi belajar seperti bermain bersama dalam ruang digital yang diharapkan mampu mengatasi stress dan depresi pada siswa di masa pembelajaran daring. Inovasi ini menyediakan berbagai fitur yang dapat dimanfaatkan penggunanya. Fitur konseling dalam aplikasi ini dapat dimanfaatkan baik oleh siswa maupun orang tua siswa yang berguna untuk konseling masalah pendidikan dan juga kesehatan mental yang merupakan masalah esensial dalam pemberlakuan PJJ. Fitur ruang les merupakan bentuk kolaborasi antara pemerintah, swasta dengan masyarakat, dimana pemerintah mengajak pihak swasta (bimbel) untuk memfasilitasi siswa agar dibimbing oleh tenaga pendidik profesionalnya. Fitur *game quiz* dapat melatih kemampuan akademik siswa namun dikemas dalam permainan yang seru sehingga siswa tidak merasa terbebani. Inovasi ini akan terintegrasi dengan Kemendikbud, swasta, dan masyarakat sebagai wujud optimalisasi *collaborative governance*. Dengan adanya inovasi ini diharapkan mampu memberikan alternatif dalam mengatasi masalah pembelajaran jarak jauh sehingga proses PJJ dan wacana merdeka belajar dapat terlaksana dengan baik, efektif dan efisien.

## **B. Saran**

### **1. Masyarakat**

Diharapkan masyarakat mampu mendukung dan mengimplementasikan inovasi ini sehingga mampu membantu masyarakat terutama siswa dan orang tua dalam mengatasi permasalahan PJJ yang terjadi.

### **2. Swasta**

Dalam hal ini pihak swasta juga bisa menjadi promotor, pendorong serta pengontrol dalam mengimplementasikan inovasi ini. Sehingga masyarakat memiliki kepercayaan penuh dalam menerima inovasi ini.

### **3. Pemerintah**

Disini pemerintah bisa menjadi regulator dalam menangani masalah secara soluktif, efektif dan efisien. Selain itu pemerintah juga bisa mendorong berbagai elemen untuk berpartisipasi menyukases kan program merdeka belajar secara berkelanjutan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Anggraini, F. S. (2020). Implementasi Merdeka Belajar Di Era New Normal Dan Paradigma Konstruktivisme. *ICISEI*, 1(1), 278-292.

- [2] Ansell, & Gash, A. (2008). Collaborative Governance In Theory And Practice. *Journal Of Public Administration Research And Theory*, 18(4), 543–571. <https://doi.org/10.1093/jopart/mum032>
- [3] *CNBCIndonesia*. 2020. Nadiem Sadar Pendidikan Tak Seperti Apps Gojek Lalu Apa. <https://www.cnbcindonesia.com/tech/20200121095019-37-131460/nadiem-sadar-pendidikan-tak-seperti-apps-gojek-lalu-apa> . Diakses 21 Januari 2021.
- [4] Creswell, John W. (2014). *Research Design (Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif dan Mixed)*. Yogyakarta. Pustaka Pelajar, Hal. 266. [https://scholar.google.co.id/scholar?cluster=1387391708119778345&hl=id&as\\_sdt=2005&scioldt=0,5&scioq=Research+Design+\(Pendekatan+Kualitatif,+Kuantitatif+%09dan+Mixed\).+Yogyakarta.+Pustaka+Pelajar](https://scholar.google.co.id/scholar?cluster=1387391708119778345&hl=id&as_sdt=2005&scioldt=0,5&scioq=Research+Design+(Pendekatan+Kualitatif,+Kuantitatif+%09dan+Mixed).+Yogyakarta.+Pustaka+Pelajar)
- [5] Direktorat Jenderal Guru Dan Tenaga Kependidikan Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan 2020. 2020. Panduan Pembelajaran Jarak Jauh Direktorat Jenderal Guru Dan Tenaga Kependidikan Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan 2020 Bagi Guru Selama Sekolah Tutup Dan Pandemi Covid-19 Dengan Semangat Merdeka Belajar. <file:///C:/Users/Asus/Downloads/Documents/PANDUAN-PEMBELAJARAN-JARAK-JAUH-BELAJAR-DIRUMAH-MASA-C-19.pdf> .
- [6] Emerson, K. (2018). Collaborative governance of public health in low- and middle-income countries: Lessons from research in public administration. *BMJ Global Health*, 3, 1–9. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2017-000381>
- [7] Firman & Sari. (2020). Pembelajaran Online di Tengah Pandemi Covid-19. *Indonesian Journal Of Educational Science (IJES)*, Volume 02 No 02.
- [8] Hariansyah, J. (2019). *Pembangunan Game Edukasi Pembelajaran Tematik Kelas 1 Sekolah Dasar Berbasis Web Menggunakan Metode Digital Game Based Learning Instructional Design (Studi Kasus: Tema Taman Kota)* (Doctoral dissertation, Universitas Pasundan).
- [9] *Liputan6.com*. 2020. Siswa Bunuh Diri Karena Tugas Daring Belajar Jarak Jauh Dinilai Perlu Evaluasi. <https://www.liputan6.com/news/read/4388386/siswa-bunuh-diri-karena-tugas-daring-belajar-jarak-jauh-dinilai-perlu-evaluasi> . Diakses 21 Januari 2021
- [10] Pane, A., & Dasopang, M. D. (2017). Belajar dan pembelajaran. *Fitrah: Jurnal Kajian Ilmu-Ilmu Keislaman*, 3(2), 333-352.
- [11] Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2015 Tentang Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, tugas dan fungsi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- [12] Mualifah, I. (2013). Progresivisme John Dewey Dan Pendidikan Partisipatif Perspektif Pendidikan Islam. *Jurnal Pendidikan Agama Islam* Vol. 01, No. 01 Mei 2013, (102-121)
- [13] Nazir, Moh. (2013). *Metode Penelitian*. Ghalia Indonesia. Bogor.

- [14]News.detik.com. 2019. Kemendikbud Jelaskan Alasan Dibalik Konsep Merdeka Belajar Nadiem Makarin. <https://news.detik.com/berita/d-4822565/kemendikbud-jelaskan-alasan-di-balik-konsep-merdeka-belajar-nadiem-makarim>. Diakses 28 Januari 2021.
- [15]Novian, N. D. (2013). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Game Sebagai Pendukung Mata Pelajaran Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) Materi Operasi Dasar Komputer Menggunakan Adobe Flash. *Skripsi. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta*.
- [16]Nuryatin, S. (2020). Adaptasi Metode Pembelajaran Melalui E-Learning Untuk Menghadapi Era New Normal.
- [17]Setiawan, A. R. (2020). Lembar Kegiatan Literasi Sainifik untuk Pembelajaran Jarak Jauh Topik Penyakit Coronavirus 2019 (COVID-19).
- [18]Sinaga, B. (2003). Pendidikan Dan Pembelajaran Yang Demokratis Dan Humanistik. Medan: UNIMED.
- [19]Supriyatno, Helmi. 2020. Belajar Merdeka dan Merdeka Belajar di Tengah Corona. <https://www.harianbhirawa.co.id/belajar-merdeka-dan-merdeka-belajar-di-tengah-corona/> . diakses 24 Januari 2021
- [20]Surat Edaran Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud) Direktorat Pendidikan Tinggi No. 1 Tahun 2020
- [21]Merdeka.com. 2020. Peristiwa Mendikbud Nadiem Akui Banyak Terima Kritik Soal Kendala PJJ. <https://www.merdeka.com/peristiwa/mendikbud-nadiem-akui-banyak-terima-kritik-soal-kendala-pjj.html> . Diakses 21 Januari 2021
- [22]Thobroni, M. (2015). Belajar dan Pembelajaran Teori dan Praktik. Yogyakarta: Ar-Ruzz
- [23]Tilano, F., & Suwitri, S. (2019). Collaborative Governance dalam Upaya Keselamatan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan di Kota Semarang. 1.
- [24]Tirto.id. 2020. Negara yang Tak Terkena Virus Corona Covid-19 Hingga April 2020. <https://tirto.id/negara-yang-tak-terkena-virus-corona-covid-19-hingga-15-april-2020-eNpX> . Diakses 20 Januari 2021.
- [25]Tirto.id. 2020. Stres Burnout Jenuh Problem Siswa Belajar Daring Selama Covid-19. <https://tirto.id/stres-burnout-jenuh-problem-siswa-belajar-daring-selama-covid-19-f3ZZ> . Diakses 21 Januari 2021.
- [26]Yamin, M., & Dkk. (2020). Pembangunan Pendidikan Merdeka Belajar (telaah metode pembelajaran). *Ilmiah Mandala Education*, 6(1), 126.
- [27]Zamroni, Z. (1999). Reformasi Pendidikan Dari Pondasi Ke Aksi. *El-Tarbawi*, 29-39.

# **STUDI LITERATUR PENERAPAN AUGMENTED REALITY DALAM PEMBELAJARAN KIMIA: KEUNGGULAN, MANFAAT DAN APLIKASINYA**

**Alawia Chusna, Augusto Daniel Setiadi, Elok Amalia, Prof. Fauziatul Fajaroh, Dra.,  
M.S., Dr. Hj.**

S1 Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Malang

## **Abstrak**

Kimia merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari materi serta konsep-konsep yang sebagian besar bersifat abstrak, sehingga dibutuhkan tiga level representasi yaitu makroskopik, submikroskopis, dan simbolik untuk memahaminya. Kesulitan dalam memahami konsep kimia seringkali dialami siswa pada level submikroskopis yang hanya tergambar secara 2D dalam buku, sehingga dibutuhkan kemampuan berimajinasi untuk dapat memahami bagaimana molekul-molekul dalam suatu zat yang tidak bisa dilihat dapat berinteraksi. Karena itu, dibutuhkan kajian lebih dalam mengenai media yang dapat membantu siswa dalam merepresentasikan molekul-molekul dari struktur 2D menjadi 3D yang lebih nyata agar dapat membantu siswa dalam memahami molekul-molekul serta struktur suatu zat. Seiring dengan perkembangan dan pemanfaatan teknologi dalam dunia pendidikan, terdapat inovasi baru yaitu AR atau *Augmented Reality*. AR merupakan suatu teknologi yang dikembangkan dengan menggabungkan dunia nyata dan dunia virtual sehingga pengguna akan mendapatkan bentuk visual 3D dari suatu objek. Penelitian ini berisi kajian literatur mengenai penerapan *Augmented Reality*, baik keunggulan, manfaat serta aplikasinya dalam pembelajaran kimia dari beberapa artikel penelitian. Artikel-artikel tersebut dipublikasi oleh jurnal nasional maupun internasional dan dipilih berdasarkan rentang waktu dari tahun 2010 sampai 2020. Hasil penelitian mengungkap bahwa penerapan AR dalam pembelajaran kimia dapat memudahkan siswa memahami konsep abstrak dengan memvisualisasikan atom, molekul, ikatan, dan interaksi antarmolekul yang terlihat seperti nyata, serta meningkatkan motivasi dan ketertarikan siswa dalam belajar kimia. Sehingga melalui hasil kajian ini dapat diperoleh informasi mengenai keunggulan, manfaat serta aplikasi AR dalam pembelajaran kimia, dan dapat menjadi referensi bagi peneliti lain yang ingin menerapkan AR dalam pembelajaran khususnya untuk menunjang pembelajaran kimia.

**Kata Kunci:** *Augmented Reality, pembelajaran kimia, studi literatur*

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Ilmu kimia merupakan ilmu yang mempelajari tentang materi serta perubahan yang terjadi di dalamnya [1]. Ilmu kimia memiliki karakteristik berupa konsep-konsepnya yang sebagian besar bersifat abstrak. Hal tersebut menyebabkan peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep yang ada dalam kimia. Selain itu kesulitan yang dialami siswa juga *reality* dalam pembelajaran kimia sudah banyak dilakukan. Beberapa penerapan AR dalam pembelajaran kimia sudah dilakukan pada materi bentuk molekul [10], sifat-sifat gas [11], atom dan molekul [12], dan lain-lain. Akan tetapi, kajian mengenai bagaimana keunggulan, manfaat, dan aplikasi penerapan *augmented reality* masih sedikit dilakukan. Sehingga diperlukan kajian yang lebih mendalam bagaimana *augmented reality* ini benar-benar memiliki manfaat, keunggulan dan diaplikasikan pada proses belajar mengajar kimia.

### B. Rumusan Masalah

Kesulitan dalam memahami konsep kimia seringkali dialami siswa pada level submikroskopis yang hanya tergambar secara 2D dalam buku, oleh karena itu dibutuhkan kajian lebih dalam mengenai media yang dapat membantu siswa dalam merepresentasikan molekul-molekul dari struktur 2D menjadi 3D untuk membantu siswa dalam memahami molekul-molekul serta struktur suatu zat. Salah satunya dengan menggunakan AR atau *Augmented Reality*. Untuk melihat apakah penerapan AR memiliki dampak terhadap kegiatan pembelajaran kimia sehingga secara poin-poin rumusan masalah dalam studi literatur ini adalah:

1. Bagaimana manfaat dari penerapan AR dalam pembelajaran kimia?
2. Bagaimana keunggulan dari penerapan AR dalam pembelajaran kimia?
3. Bagaimana aplikasi dari penerapan AR dalam pembelajaran kimia?

### C. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari studi literatur ini adalah untuk mengkaji;

1. Manfaat dari penerapan AR (*augmented reality*) dalam pembelajaran kimia.
2. Keunggulan dari penerapan AR (*augmented reality*) dalam pembelajaran kimia.
3. Aplikasi dari penerapan AR (*augmented reality*) dalam pembelajaran kimia.

Perkembangan teknologi menunjang sel//uruh aspek kehidupan, termasuk pendidikan. Seperti halnya *e-book*, *virtual reality*, dan *augmented reality* kini telah banyak dikembangkan dalam dunia pendidikan. Penerapan *augmented reality* dalam pembelajaran kimia sudah banyak

dilakukan. Namun, kajian mengenai bagaimana keunggulan, manfaat dan aplikasi dari penerapan AR dalam pembelajaran kimia masih sedikit dilakukan. Melalui studi literatur ini diharapkan mampu diperoleh informasi serta kajian terbaru yang berguna bagi tenaga pendidik dalam penerapan AR dalam pendidikan, khususnya dalam pembelajaran kimia. Penerapan AR dalam pembelajaran kimia diharapkan dapat digunakan untuk menunjang keseluruhan kegiatan pembelajaran kimia termasuk pemahaman konseptual yang terdiri dari tiga aspek representasi yaitu makroskopis, submikroskopis dan simbolik dan dapat dipahami secara utuh sehingga dapat mengurangi miskonsepsi yang terjadi pada konsep-konsep kimia yang abstrak. Serta dapat menjadi referensi bagi peneliti lain untuk melakukan pengembangan lebih lanjut mengenai AR dalam kebermanfaatannya dalam dunia pendidikan.

#### **D. Hipotesis**

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat yang telah dijelaskan, dapat dirumuskan hipotesis sebagai berikut:

1. Teknologi *augmented reality* memiliki banyak sekali manfaat dalam proses pembelajaran kimia seperti dapat membantu siswa memvisualisasikan fenomena molekuler yang berorientasi pada aspek submikroskopis.
2. *Augmented reality* memiliki banyak keunggulan dalam proses pembelajaran kimia, seperti lebih efisien dalam hal waktu dan proses pembelajaran, dan dapat digunakan secara langsung menggunakan *smartphone*.
3. Aplikasi *augmented reality* dalam pembelajaran kimia diterapkan pada berbagai materi seperti atom dan molekul, serta ikatan kimia. AR juga diaplikasikan dalam proses belajar mengajar siswa SMA, mahasiswa, dan SMK.

#### **E. Rancangan Penelitian**

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini berupa kajian literatur dengan pendekatan kualitatif. Kajian literatur dilakukan terhadap penelitian sebelumnya yang sudah dipublikasikan di jurnal internasional. Hal-hal yang dikaji meliputi penerapan *augmented reality* yang mencakup manfaat, keunggulan dan aplikasi dalam pembelajaran kimia.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Augmented Reality**

Augmented reality (AR) merupakan teknologi yang menggabungkan informasi di dunia maya dengan dunia nyata. Alat teknis yang digunakannya dapat berupa multimedia, pemodelan 3D, pelacakan dan registrasi waktu nyata, interaksi cerdas, dan penginderaan. Prinsipnya adalah

untuk menerapkan informasi virtual yang dihasilkan komputer (seperti teks, gambar, model 3D, musik, dan video) ke dunia nyata setelah simulasi. Sehingga kedua jenis informasi tersebut dapat saling melengkapi untuk mencapai peningkatan dunia nyata [13]. Teknologi augmented reality ini memiliki beberapa kelebihan, yaitu lebih interaktif dan efektif dalam penggunaan, pemodelan objek cukup sederhana, dalam pembuatannya tidak terlalu memakan banyak biaya, dapat diimplementasikan ke berbagai jenis media dan mudah dioperasikan. Akan tetapi, *augmented reality* memiliki beberapa kekurangan seperti sensitif dalam perubahan sudut pandang, mudah terpengaruh oleh pencahayaan, dan membutuhkan banyak ruang penyimpanan [10].

### **B. Penerapan *Augmented Reality* dalam Kimia**

Kimia merupakan salah satu cabang dari ilmu pengetahuan alam yang mempelajari sifat zat, struktur zat, perubahan zat, hukum serta prinsip yang menjelaskan perubahan zat, serta konsep dan teori yang menjelaskan terjadinya perubahan zat [14]. Kimia merupakan mata pelajaran yang sulit dipahami, karena konsep dalam kimia sebagian besar bersifat abstrak dan kompleks, sehingga diperlukan kemampuan menghubungkan aspek makroskopis, submikroskopis dan simbolik dalam mempelajarinya [15]. Pada konsep dengan level submikroskopis, diperlukan bantuan atau media lain agar dapat memvisualisasikan secara langsung bagaimana konsep tersebut dapat dipahami oleh siswa. Salah satu teknologi yang dapat menjadi media tersebut untuk mendukung proses belajar mengajar adalah *augmented reality*.

Penerapan AR (*augmented reality*) dalam pembelajaran kimia sudah banyak dilakukan. Pengembangan media pembelajaran kimia berbasis *augmented reality* sudah diterapkan di beberapa materi, seperti ikatan kimia [16], bentuk molekul [10], senyawa kimia [17] dan sistem periodik unsur kimia [18]. Penerapan *augmented reality* dalam kimia tidak hanya diterapkan sebagai media pembelajaran bagi siswa SMA, akan tetapi ada juga yang mengembangkan sebagai media pembelajaran bagi mahasiswa kimia [19]. Selain itu, AR juga digunakan sebagai bahan pendukung pembelajaran mahasiswa kejuruan atau vokasi [20].

### **C. METODE**

Metodologi yang digunakan dalam penelitian berupa kajian literatur dengan melakukan analisis terhadap beberapa artikel yang relevan secara kualitatif. Kajian literatur dilakukan melalui 4 tahap [21] dari artikel yang dipublikasikan mulai tahun 2011 hingga 2021. Tahapan melakukan kajian literatur disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tahapan melakukan kajian literatur

Tahapan	Aksi
<i>Clarification and approach</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Menganalisis mengapa dan untuk apa kajian literatur ini dilakukan</li> <li>– Membuat kerangka teoretis</li> <li>– Merumuskan pertanyaan penelitian</li> <li>– Menetapkan kata kunci pencarian yaitu <i>augmented reality in chemistry</i></li> <li>– Menentukan kategori yang digunakan sebagai pertimbangan untuk analisis artikel</li> </ul>
<i>Search, sift, and select</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Menelusuri/mencari artikel melalui ERIC</li> <li>– Menyaring artikel</li> <li>– Memilih artikel yang relevan untuk dimasukkan</li> </ul>
<i>Analyze and interpret</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Menganalisis karakteristik penelitian</li> <li>– Melakukan kajian mendalam terhadap artikel yang dipilih</li> <li>– Menganalisis secara deskriptif, lalu menyajikan dalam bentuk tabel dan gambar</li> </ul>
<i>Draft report</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Menginterpretasi dan mendiskusikan hasil yang diperoleh</li> <li>– Menyusun informasi</li> <li>– Menyajikan hasil dan mendiskusikan</li> <li>– Menuliskan implikasi dan kesimpulan</li> </ul>

Kajian literatur dilakukan dengan menganalisis penerapan *augmented reality* pada pembelajaran kimia yang mencakup manfaat, keunggulan, dan aplikasinya. Setelah dilakukan penelusuran artikel melalui ERIC, dipilih artikel yang relevan dan memenuhi kriteria, yaitu artikel yang dipublikasikan di jurnal dengan indeks Q1 berdasarkan *scimago journal and country rank*. Kemudian, terpilih 7 artikel yang akan dikaji. Rincian artikel yang dikaji disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Rincian jurnal yang dikaji

Penulis	Tahun	Judul	Identitas Jurnal
Ling Cen, Dymitr Ruta, Lamees Mahmoud Mohd Said	2019	Augmented Immersive Reality (AIR) for Improved Learning Performance: A Quantitative Evaluation	IEEE Transactions on Learning Technologies

---

Al Qassem, dan Jason Ng			
Stan Lester dan Jens Hofmann	2020	Some Pedagogical Observations on Using Augmented Reality in A Vocational Practicum	British Journal of Educational Technology, 1-11
Jie Chao, Jennifer L. Chiu, Crystal J. DeJaegher, dan Edward A. Pan	2015	Sensor-Augmented Virtual Labs: Using Physical Interactions with Science Simulations to Promote Understanding of Gas Behaviour	Journal Science Education Technology, 25:16-33
Ahmad Ewais dan Olga De Troyer	2019	A Usability and Acceptance Evaluation of the Use of Augmented Reality for Learning Atoms and Molecules Reaction by Primary School Female Students in Palestine	Journal of Educational Computing Research, 57(7):1643-1670
Jorge Bacca, Silvia Baldiris, Ramon Fabregat, dan Kinshuk	2019	Framework for Designing Motivational Augmented Reality Applications in Vocational Education and Training	Australasian Journal of Educational Technology, 35(3): 102-117
Maryam Abdinejad, Borzu Talaie, Hossain S. Qorbani, dan Shadi Dalili	2021	Students Perceptions Using Augmented Reality and 3D Visualization Technologies in Chemistry Education	Journal of Science Education and Technology, 30:87-96
Sebastian Habig	2020	Who Can Benefit from Augmented Reality in Chemistry? Sex Differences in Solving Stereochemistry Problems Using Augmented Reality	British Journal of Educational Technology, 51(3):629-644

---

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan teknologi *augmented reality* dalam bidang pendidikan sudah mulai dikembangkan karena penggunaannya dapat meningkatkan motivasi belajar siswa dan meningkatkan hasil belajar siswa terutama dalam mempelajari materi kimia yang mempelajari

konsep abstrak yang dibutuhkan pemahaman kemampuan spasial dalam memahami partikel-partikel yang menyusun setiap zat. Dalam studi ini, peneliti melakukan *review* terhadap beberapa artikel terkait penerapan *augmented reality* dalam pembelajaran kimia. Hasil kajian literatur penerapan AR dalam pembelajaran kimia yang meliputi manfaat, keunggulan, dan aplikasi disajikan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Rincian hasil kajian literatur

JUDUL	MANFAAT	KEUNGGULAN	APLIKASI
Augmented Immersive Reality (AIR) for Improved Learning Performance: A Quantitative Evaluation (Cen dkk., 2020)	Meningkatkan hasil belajar siswa dalam pembelajaran kimia dibandingkan konvensional	Menggunkan AIR-EDUTECH yang membantu siswa “ <i>deeper understanding</i> ” dibandingkan dengan aplikasi lain	Struktur molekuler untuk siswa kelas XI SMA
Some Pedagogical Observations on Using Augmented Reality in A Vocational Practicum (Lester dan Hofmann, 2020)	Dapat mengeksplor bagian internal mesin sehingga dapat meminimalisir kerusakan pada mesin asli dan dapat meminimalkan biaya karena tidak menggunakan mesin yang asli	Pembelajaran lebih efisien dalam hal waktu dan proses pembelajaran, meningkatkan model mental dan mengurangi miskonsepsi materi	Praktikum industri seperti praktikum mengoperasikan ekstruder untuk mahasiswa
Sensor-Augmented Virtual Labs: Using Physical Interactions with Science Simulations to Promote Understanding of Gas Behaviour (Chao dkk., 2016)	Membantu siswa dalam mengobservasi berbagai fenomena dalam level molekuler menggunakan “The Frame Tech”	Menggunakan “Frame Tech” yang terdapat sensor temperatur dan tekanan yang dapat dihubungkan dengan komputer	Mempelajari sifat-sifat gas pada tekanan, volume dan temperatur tertentu untuk siswa SMA di New York
A Usability and Acceptance Evaluation of the Use of Augmented Reality for Learning Atoms and	Merepresentasikan atom dan molekul secara 3D yang menyusun tiap-tiap senyawa	Menggunakan “Unity 3D” dan “The Vuforia SDK”, juga menggunakan kartu yang jika	Mempelajari atom dan molekul untuk kelas 7 SMP

<p>Molecules Reaction by Primary School Female Students in Palestine (Ewais dan Troyer, 2019)</p>	<p>berbeda, seperti: dapat memvisualisasikan atom oksigen, hidrogen, dan molekul air yang tersusun atas satu atom oksigen dan dua atom hidrogen</p>	<p>dihubungkan dengan smartphone dapat memvisualisasikan 3D</p>	
<p>Framework for Designing Motivational Augmented Reality Applications in Vocational Education and Training (Bacca dkk., 2019)</p>	<p>Meningkatkan motivasi siswa, meningkatkan kepercayaan diri dalam belajar</p>	<p>Terdapat 4 aplikasi yang mencakup 11 dari 14 komponen <i>framework</i>, yaitu <i>Popar Interactive Periodic Table</i>, <i>Arloon Chemistry</i>, aplikasi <i>mobile</i> berisi video dan penilaian akhir materi kimia, serta website yang mendukung aplikasi</p>	<p>Pembelajaran menggunakan AR pada topik penamaan senyawa anorganik, secara khusus untuk mempelajari kation dan anion, hidrida, oksidasi, senyawa biner yang mencakup unsur non logam, hidroksida, dan asam untuk mahasiswa pendidikan kejuruan (VET <i>students</i>)</p>
<p>Students Perceptions Using Augmented Reality and 3D Visualization Technologies in Chemistry Education (Abdinejad dkk., 2021)</p>	<p>ARchemy dapat membuat siswa memahami dan memvisualisasikan struktur molekuler dan konsep dengan cara yang berbeda dan dapat meningkatkan kemampuan siswa secara signifikan</p>	<p>Produk yang dihasilkan merupakan penggabungan dari tiga metodologi yaitu pemodelan 3D, animasi, dan AR yang membantu siswa meningkatkan kemampuan visualisasi molekul</p>	<p>Struktur molekuler zat, ikatan kimia, dan reaksi kimia pada mahasiswa tahun kedua dan ketiga mata kuliah kimia organik</p>

	dalam menggambarkan berbagai konformasi molekul	dan reaksi kimia dalam bentuk 3D	
Who Can Benefit from Augmented Reality in Chemistry? Sex Differences in Solving Stereochemistry Problems Using Augmented Reality (Habig, 2020)	Menyediakan pendekatan untuk memvisualisasi konsep yang kompleks menggunakan 3D	Meningkatkan kemampuan spasial siswa dalam stereokimia menggunakan <i>software unity</i>	Pengembangan tes stereokimia kimia organik pada mahasiswa jurusan kimia

Kajian pertama adalah artikel [12] yang menerapkan AR dalam mempelajari struktur dan bentuk molekul pada siswa perempuan kelas 7 SMP di Palestina. Penelitian ini [12] menunjukkan hasil yang positif dalam proses pembelajaran dengan menggunakan AR pada pembelajaran struktur dan bentuk molekul. Dalam penerapannya, peneliti menggunakan “Unity 3D” dan “The Vuforia SDK” dan menggunakan media kartu sebagai *marker*. Aplikasi ini dapat membaca *marker* yang akan menampilkan representasi objek secara tiga dimensi (3D) melalui *smartphone*. Setiap *marker* terdapat nama atom yang terdapat di tabel periodik unsur dan simbol atom. Penerapan *marker* atom *copper* dapat dilihat pada Gambar 3.1. Selain itu, penerapan AR pada *marker* juga dapat merepresentasikan molekul jika dua *marker* didekatkan. Penggunaan AR pada *smartphone* ditunjukkan pada Gambar 3.2. Dengan adanya penerapan AR dalam mempelajari struktur dan molekul dapat merepresentasikan atom dan molekul dengan visualisasi molekul dan atom dalam 3D sehingga dapat meningkatkan ketertarikan siswa dalam belajar kimia.

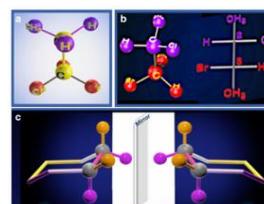
Beberapa penelitian lain yang menggunakan AR dalam pembelajaran kimia pada bentuk dan struktur molekuler oleh penelitian [24] pada mahasiswa tahun kedua dan ketiga materi kimia organik. Dalam penerapannya, peneliti menggunakan aplikasi “ARchemy” untuk merepresentasikan struktur molekuler 2D dalam 3D. Penggunaan aplikasi “ARchemy” menggunakan kartu sebagai *marker*. Dengan menggunakan aplikasi “ARchemy” siswa memvisualisasi model struktur molekuler dengan proyeksi *Newman*, *Fischer*, konformasi kursi dalam 3D. Hasil penelitian yang diperoleh dapat membantu siswa meningkatkan pemahamannya dalam memahami materi struktur molekuler dengan visualisasi 3D. Hal tersebut juga sejalan dengan penelitian [25] yang dapat meningkatkan kemampuan spasial siswa dalam penggambaran stereokimia. Penerapan AR dalam penggambaran struktur molekuler pada proyeksi *Fischer*, *Newman*, dan konformasi kursi ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.1 Penerapan AR pada atom copper



Gambar 3.2 Penerapan AR pada smartphone



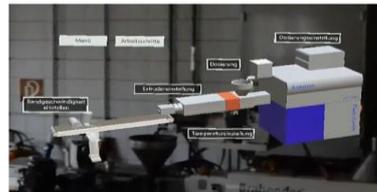
Gambar 3.3 AR pada proyeksi Newman, Fischer, dan konformasi kursi

Dari hasil review juga ditemukan bahwa penerapan AR dalam pembelajaran kimia selain pada materi bentuk molekul yang menjelaskan struktur molekuler senyawa juga dapat diaplikasikan dalam memvisualisasikan perilaku gas atau menjelaskan hukum gas ideal. Penelitian [11] menunjukkan bahwa terdapat hasil yang signifikan pada pretest dan posttest siswa yang dalam pembelajarannya menggunakan AR. Dalam penerapannya, peneliti menggunakan “The Frame Tech” untuk membantu siswa mengobservasi berbagai fenomena dalam level submikroskopis molekul gas. Pada “The Frame Tech” terdapat sensor temperatur, sensor tekanan, dan sensor gaya yang terhubung dengan USB dan disambungkan ke komputer. Sensor temperatur berupa topeles berisi air yang menunjukkan temperatur disekelilingnya dari panas atau dinginnya stoples tersebut yang seolah-olah terjadi transfer energi. Sensor tekanan berupa jarum suntik sebagai pompa udara. Siswa dapat menekan atau menarik jarum suntik yang menunjukkan tekanan berkurang atau bertambah. Dengan adanya visualisasi molekul-molekul gas menggunakan penerapan AR ini, dapat membantu siswa meningkatkan pemahamannya pada materi hukum gas ideal dan meningkatkan pemahaman siswa pada konsep kimia yang kompleks dibandingkan dengan pembelajaran konvensional. Sensor-sensor pada “The Frame Tech” ditunjukkan pada Gambar 4.4.

Penerapan *augmented reality* juga digunakan sebagai pengganti praktikum seperti studi kasus [23]. Dalam studinya, peneliti menemukan penerapan AR sebagai pengganti pelatihan mahasiswa vokasi yang melakukan praktik industri. Penerapan AR ini menggunakan *software* “Unity” yang telah dikembangkan oleh SBG yang merupakan industri farmasi dan kimia di Jerman. Salah satu penerapannya sebagai pengganti pelatihan pengoperasian ekstruder. Penerapannya dengan menggunakan kacamata yang dapat memperlihatkan representasi digital ekstruder. Representasi virtual ekstruder ini juga terdapat informasi tambahan sebagai ilustrasi untuk mengoperasikannya. Dengan adanya penerapan AR pada praktikum bidang industri pada mahasiswa vokasi dapat membantu mengeksplor operasi internal mesin dibandingkan dengan menggunakan mesin ekstruder asli yang akan memungkinkan terjadi kerusakan sehingga dapat meminimalkan biaya. Representasi digital ekstruder ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 3.4. Representasi digital ekstruder



Gambar 3.5. Sensor-sensor pada “frame tech”

*Augmented reality* dalam bidang pendidikan terutama dalam memahami materi kimia yang mempelajari konsep abstrak seperti molekul, atom, dan ion yang menyusun setiap materi menawarkan kemudahan dalam proses pembelajarannya dengan merepresentasikan molekul, atom, dan ion yang seolah-olah terlihat secara nyata dan dapat meningkatkan motivasi siswa dalam belajar kimia. Hal ini sejalan dengan penelitian dari [20] yang melakukan eksperimen pembelajaran kimia menggunakan AR untuk mengetahui motivasi siswa dengan 58 mahasiswa kimia vokasi dan mengukur empat dimensi aspek motivasi menggunakan ARCS yaitu *attention, relevance, confidence, and satisfaction*. Hasil yang diperoleh menunjukkan kelas eksperimen (pembelajaran dengan AR) dan kelas kontrol (buku teks) keduanya memiliki hasil yang positif. Akan tetapi pada aspek *attention* dan *confidence* di kelas eksperimen menunjukkan hasil yang lebih tinggi daripada kelas kontrol seperti yang tercantum pada dibawah.

Tabel 3.2. Hasil motivasi siswa

Empat dimensi aspek	Hasil kelas eksperimen		Hasil kelas kontrol		Kesimpulan dari uji statistik
	Mean	SD	Mean	SD	
<i>Attention</i>	3.56	0.44	3.2	0.44	Perbedaan signifikan pada kelas eksperimen
<i>Relevance</i>	3.44	0.55	3.57	0.5	Tidak ada perbedaan signifikan
<i>Confidence</i>	3.64	0.51	3.18	0.5	Perbedaan signifikan pada kelas eksperimen
<i>Satisfaction</i>	3.1	1	3.7	0.7	Perbedaan signifikan pada kelas kontrol

Sumber: Bacca, dkk., (2019)

Melalui pembelajaran kimia menggunakan AR dapat meningkatkan tingkat kepercayaan diri siswa dan perhatian siswa yang menunjukkan bahwa siswa lebih tertarik dan keingintahuannya meningkat dalam belajar kimia. Penerapan *augmented reality* juga meningkatkan proses belajar siswa melalui AIR-EDUTECH dengan animasi 3D. Hasil penelitian ini [13] menunjukkan bahwa siswa yang menggunakan AIR-EDUTECH memiliki hasil belajar yang lebih tinggi dibandingkan dengan pembelajar konvensional.

## KESIMPULAN

Dari kajian literatur yang sudah dilakukan melalui beberapa artikel, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut. Penerapan *augmented reality* dalam pembelajaran kimia memiliki banyak manfaat, seperti dapat meningkatkan hasil belajar siswa, membantu siswa mengobservasi berbagai fenomena molekuler secara tiga dimensi serta merepresentasikannya, dan meningkatkan motivasi dan kepercayaan diri siswa. Dari beberapa artikel yang dikaji, dapat diambil bahwa teknologi *augmented reality* ini memiliki banyak sekali keunggulan, seperti menjadikan siswa memahami lebih dalam dibandingkan dengan menggunakan aplikasi yang lain, lebih efisien dalam hal waktu dan proses pembelajaran, dan dapat digunakan langsung dengan menggunakan *smartphone*. Pengaplikasian *augmented reality* dalam pembelajaran kimia pun sudah dilakukan pada beberapa materi seperti struktur molekuler, mengoperasikan alat praktikum yaitu ekstruder pada praktikum industri, sifat-sifat gas, atom dan molekul, penamaan senyawa anorganik, dan stereokimia pada mata kuliah kimia organik. Selain itu *augmented reality* tidak hanya diterapkan pada proses belajar mengajar kimia siswa SMA, akan tetapi juga diterapkan pada mahasiswa dan sekolah kejuruan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Chang, *General chemistry: the essential concepts*. Boston: McGraw-Hill, 2008.
- [2] P. Indrayani, "Analisis Pemahaman Makroskopik, Mikroskopik, dan Simbolik Titrasi Asam-Basa Siswa Kelas XI IPA SMA serta Upaya Perbaikannya dengan Pendekatan Mikroskopik," *J. Pendidik. Sains*, vol. 1, no. 2, pp. 109–120, 2013.
- [3] A. Agustin and dkk, "Pengaruh Penggunaan Peta Konsep Berbasis Multilevel terhadap Pemahaman Konsep Kimia SMA," *Chem. Educ.*, vol. 7, no. 2, pp. 8–13, 2018.
- [4] I. d Widhiyanti, "Pembelajaran Berbasis teknologi Informasi Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep, Keterampilan Generik Sains Dan Berpikir Kritis Siswa Pada Topik Hidrolisis Garam dan Sifat Koligatif Larutan," 2007.
- [5] R. Tasker and R. Dalton, "Research into practice: Visualisation of the molecular world using animations," *Chem. Educ. Res. Pract.*, vol. 7, no. 2, pp. 141–159, 2006, doi: 10.1039/B5RP90020D.
- [6] F. S. Lari, "The Impact of Using PowerPoint Presentations on Students' Learning and Motivation in Secondary Schools," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 98, no. 2009, pp. 1672–1677, 2014, doi: 10.1016/j.sbspro.2014.03.592.
- [7] [B. Sutton, "The Effects of Technology in Society and Education," *Educ. Hum. Dev.*, vol. 2, no. 1, p. 12, 2013, [Online]. Available:

- [http://digitalcommons.brockport.edu/ehd\\_theses/192%0Ahttp://digitalcommons.brockport.edu/ehd\\_theses%0Ahttp://digitalcommons.brockport.edu/ehd\\_theses/192](http://digitalcommons.brockport.edu/ehd_theses/192%0Ahttp://digitalcommons.brockport.edu/ehd_theses%0Ahttp://digitalcommons.brockport.edu/ehd_theses/192).
- [8] M. Kesim and Y. Ozarslan, "Augmented Reality in Education: Current Technologies and the Potential for Education," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 47, no. 222, pp. 297–302, 2012, doi: 10.1016/j.sbspro.2012.06.654.
- [9] H. E. Pence, "Smartphones, smart objects, and augmented reality," *Ref. Libr.*, vol. 52, no. 1–2, pp. 136–145, 2010.
- [10] N. Supriono and F. Rozi, "Pengembangan Media Pembelajaran Bentuk Molekul Kimia Menggunakan Augmented Reality Berbasis Android," *JUPI (Jurnal Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Inform.)*, vol. 3, no. 1, pp. 53–61, 2018, doi: 10.29100/jipi.v3i1.652.
- [11] J. Chao, J. L. Chiu, C. J. DeJaegher, and E. A. Pan, "Sensor-Augmented Virtual Labs: Using Physical Interactions with Science Simulations to Promote Understanding of Gas Behavior," *J. Sci. Educ. Technol.*, vol. 25, no. 1, pp. 16–33, 2016, doi: 10.1007/s10956-015-9574-4.
- [12] A. Ewais and O. De Troyer, "A Usability and Acceptance Evaluation of the Use of Augmented Reality for Learning Atoms and Molecules Reaction by Primary School Female Students in Palestine," *J. Educ. Comput. Res.*, vol. 57, no. 7, pp. 1643–1670, 2019, doi: 10.1177/0735633119855609.
- [13] Y. Chen, Q. Wang, H. Chen, X. Song, H. Tang, and M. Tian, "An overview of augmented reality technology," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1237, no. 2, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1237/2/022082.
- [14] [Effendy, *Molekul, Struktur, dan Sifat-sifatnya*. Malang: Indonesia Academic Publishing, 2017.
- [15] T. Y. Maharani, "Menggali pemahaman siswa SMA pada konsep kelarutan dan hasil kali kelarutan dengan menggunakan tes diagnostik two-tier," *SKRIPSI Jur. Kim. MIPA UM*, 2013.
- [16] [T. R. Widodo, A. Setiawan, and S. Rostianingsih, "Pembuatan Aplikasi Pembelajaran 'Ikatan Kimia' dengan Memanfaatkan Augmented Reality," *J. Infra*, vol. 4, no. 2, pp. 126–129, 2016.
- [17] [A. Sugih, P. Suryo, A. Wibowo, and M. T. M. Orisa, "Augmented Reality Senyawa Kimia Sebagai Media Pembelajaran Bagi Siswa Sma," pp. 1–8.
- [18] [P. Nikko, W. Hafidha, and E. Sudarmilah, "Augmented Reality Sistem Periodik Unsur Kimia Sebagai Media Pembelajaran Bagi Siswa Tingkat SMA Berbasis Android Mobile," *KomuniTi*, vol. VI, no. 2, pp. 122–131, 2014.
- [19] [19] F. S. Irwansyah, Y. M. Yusuf, I. Farida, and M. A. Ramdhani, "Augmented Reality (AR) Technology on the Android Operating System in Chemistry Learning," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 288, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/288/1/012068.

- [20] J. Bacca, S. Baldiris, R. Fabregat, and Kinshuk, “Framework for designing motivational augmented reality applications in vocational education and training,” *Australas. J. Educ. Technol.*, vol. 35, no. 3, pp. 102–117, 2019, doi: 10.14742/ajet.4182.
- [21] T. Martín-Páez, D. Aguilera, F. J. Perales-Palacios, and J. M. Vílchez-González, “What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature,” *Sci. Educ.*, vol. 103, no. 4, pp. 799–822, 2019, doi: 10.1002/sce.21522.
- [22] L. Cen, D. Ruta, L. M. M. S. Al Qassem, and J. Ng, “Augmented Immersive Reality (AIR) for Improved Learning Performance: A Quantitative Evaluation,” *IEEE Trans. Learn. Technol.*, vol. 13, no. 2, pp. 283–296, 2020, doi: 10.1109/TLT.2019.2937525.
- [23] S. Lester and J. Hofmann, “Some pedagogical observations on using augmented reality in a vocational practicum,” *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 51, no. 3, pp. 645–656, 2020, doi: 10.1111/bjet.12901.
- [24] M. Abdinejad, B. Talaie, H. S. Qorbani, and S. Dalili, “Student Perceptions Using Augmented Reality and 3D Visualization Technologies in Chemistry Education,” *J. Sci. Educ. Technol.*, vol. 30, no. 1, pp. 87–96, 2021, doi: 10.1007/s10956-020-09880-2.
- [25] S. Habig, “Who can benefit from augmented reality in chemistry? Sex differences in solving stereochemistry problems using augmented reality,” *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 51, no. 3, pp. 629–644, 2020, doi: 10.1111/bjet.12891.