



UNIVERSITAS MULAWARMAN

ORASI ILMIAH GURU BESAR
UNIVERSITAS MULAWARMAN

Prof. Dr. H. Zeni Haryanto, S.Pd., M.Pd.

TEKNOLOGI PEMBELAJARAN FISIKA UNTUK
MENCAPAI PENDIDIKAN BERKUALITAS SESUAI
SDGs

27 September 2025
GOR 27 September, Universitas Mulawarman

FOTO ORATOR



Prof. Dr. H. Zeni Haryanto, S.Pd., M.Pd.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, dengan segala kerendahan hati, kami ingin mengucapkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, atas berkah, rahmah, hidayah dan perkenan-Nya, kami dapat menyelesaikan naskah orasi ilmiah ini.

Penghargaan dan rasa hormat serta terima kasih yang sebesar-besarnya kami haturkan kepada Rektor dan jajaran pimpinan Universitas Mulawarman serta Ketua, Sekretaris dan anggota Senat Universitas Mulawarman, atas kesempatan yang diberikan kepada kami untuk menyampaikan orasi ilmiah pada Sidang Terbuka Senat Universitas Mulawarman ini.

Orasi ini berisi pandangan kami tentang **“Teknologi Pembelajaran Fisika untuk Mencapai Pendidikan Berkualitas Sesuai SDGs”**. Orasi ini kami susun dengan urutan pendahuluan, disusul dengan pilar-pilar teknologi dalam pembelajaran fisika, serta diakhiri dengan kesimpulan. Tulisan ini dilengkapi pula daftar pustaka dan daftar publikasi kami yang ditumpangkan dalam riwayat hidup.

Kami menyadari sepenuhnya keterbatasan kami dalam menyampaikan orasi ini, yang masih jauh dari tercapainya pendidikan berkualitas untuk anak bangsa terutama di Universitas Mulawarman. Terbersit harapan kami agar orasi ilmiah ini dapat menjadi sumbangsih kecil kami untuk tujuan mulia tersebut.

Semoga tulisan ini dapat memberi wawasan, dan inspirasi yang bermanfaat bagi para pembaca.

Samarinda, 27 September 2025

Zeni Haryanto

DAFTAR ISI

FOTO ORATOR.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
SINOPSIS	1
A. Pendahuluan.....	3
B. Simulasi dan Visualisasi.....	5
C. Pembelajaran Fisika Berbasis Game	9
D. Pemanfaatan Realitas Virtual dan Realitas Tertambah.....	12
E. Kecerdasan Buatan.....	16
F. Kesimpulan	19
DAFTAR PUSTAKA.....	20
UCAPAN TERIMA KASIH	24
CURRICULUM VITAE.....	25



SINOPSIS

TEKNOLOGI PEMBELAJARAN FISIKA UNTUK MENCAPAI PENDIDIKAN BERKUALITAS SESUAI SDGs

Fisika memiliki peran sentral dalam memahami lingkungan dan kemajuan teknologi. Fisika dan Teknologi ibarat dua sisi mata uang yang saling mendukung kemajuannya. Oleh karena itu, pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran fisika adalah sebuah keniscayaan untuk tercapainya pendidikan yang berkualitas.

Tantangan yang banyak muncul dalam pembelajaran fisika adalah adanya konsep yang abstrak, sulit dipahami, serta kurang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Maka dalam hal ini dibutuhkan teknologi pembelajaran yang dapat mengkonkritkan konsep yang abstrak, mempermudah pemahaman konseptual, serta menjembatani “dunia fisika” dengan realitas kehidupan sehari-hari.

Pilar-Pilar Teknologi Pembelajaran Fisika yang berkembang dan menjadi perhatian saya dalam beberapa tahun terakhir ini antara lain:

1. Simulasi dan Visualisasi: Pentingnya simulasi interaktif, contoh: PhET Interactive Simulations, Wolfram Alpha dan lain lain untuk memvisualisasikan konsep abstrak dan eksperimen virtual. Adanya software ini menjadi bukti bagaimana teknologi memungkinkan eksperimen yang sulit atau berbahaya di lab fisik bisa dilakukan secara virtual atau bahkan jarak jauh.
2. Pembelajaran Berbasis Game: elemen game dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan motivasi dan keterlibatan mahasiswa dalam mempelajari fisika.
3. Pemanfaatan Realitas Virtual (VR) dan Realitas Tertambah (AR), Contoh Aplikasi VR dalam Fisika: Eksplorasi tata surya, perjalanan ke dalam atom, atau memahami medan magnet dalam lingkungan

- imersif. Contoh Aplikasi AR dalam Fisika: Menumpangkan informasi digital (grafik, formula) ke objek fisik nyata (alat peraga, buku).
4. Kecerdasan Buatan (AI). AI dapat berperan dalam Pendidikan untuk menganalisis pola belajar mahasiswa dan memberikan umpan balik personal. Sehingga dapat dibuat sistem pembelajaran yang menyesuaikan tingkat kesulitan dan materi pembelajaran berdasarkan kemajuan dan pemahaman mahasiswa. AI juga berpotensi sebagai "tutor" virtual yang membantu mahasiswa mengatasi kesulitan konsep fisika.

Dalam beberapa tahun terakhir, Saya bersama tim dosen prodi Pendidikan Fisika Universitas Mulawarman dan sejawat dosen dari perguruan tinggi lain di Indonesia serta mahasiswa bimbingan saya telah melakukan riset dan pengabdian masyarakat terkait Pemanfaatan Teknologi Pembelajaran Fisika seperti disebutkan di atas. Para hadirin dapat menelusuri rekam jejak apa yang kami lakukan melalui publikasi kami pada akun saya di Sinta ataupun buku-buku yang sudah kami terbitkan.

A. Pendahuluan

Pendidikan adalah pilar fundamental bagi pembangunan berkelanjutan dan kemajuan peradaban. Agenda Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (Sustainable Development Goals/SDGs) 2030 yang diinisiasi oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa menempatkan Pendidikan Berkualitas (SDG 4) sebagai esensial, dengan target "memastikan pendidikan inklusif dan berkualitas setara serta meningkatkan kesempatan belajar seumur hidup bagi semua" (United Nations, 2015). Di tengah gelombang revolusi industri 4.0 dan kini memasuki era Society 5.0, di mana integrasi teknologi menjadi semakin mendalam dalam setiap aspek kehidupan, transformasi pendidikan menjadi suatu keniscayaan. Sistem pendidikan harus adaptif, responsif, dan inovatif untuk mempersiapkan generasi muda menghadapi kompleksitas tantangan global dan memanfaatkan peluang yang ada (Schwab, 2017).

Fisika, sebagai salah satu cabang ilmu pengetahuan dasar, memegang peranan krusial dalam memahami hukum alam semesta dan menjadi landasan bagi pengembangan teknologi mutakhir. Namun, pembelajaran fisika seringkali dihadapkan pada tantangan inheren seperti konsep yang abstrak, kebutuhan akan visualisasi yang kuat, serta keterbatasan akses terhadap fasilitas eksperimen yang memadai (Rahmawati et al., 2021). Tantangan-tantangan ini dapat menghambat minat belajar mahasiswa dan kualitas pemahaman mereka. Di sinilah teknologi digital menawarkan solusi transformatif. Integrasi teknologi dalam pembelajaran fisika bukan sekadar pelengkap, melainkan instrumen vital untuk menciptakan lingkungan belajar yang interaktif, personal, dan relevan dengan kebutuhan keterampilan abad ke-21. Teknologi memungkinkan visualisasi fenomena yang kompleks, simulasi eksperimen berbahaya atau mahal, serta akses ke

sumber belajar global yang tak terbatas, membuka dimensi baru dalam eksplorasi ilmiah dan pengembangan kemampuan berpikir kritis mahasiswa (Johnson et al., 2022).

Perkembangan pesat teknologi informasi dan komunikasi (TIK) telah mengubah paradigma pendidikan secara radikal, dari model klasikal yang berpusat pada guru menjadi pendekatan yang lebih berorientasi pada mahasiswa (student-centered). Berbagai inovasi teknologi seperti simulasi interaktif, laboratorium virtual, augmented reality (AR), virtual reality (VR), platform pembelajaran adaptif berbasis kecerdasan buatan (AI), dan analisis data pembelajaran (learning analytics) kini semakin mudah diakses dan terbukti efektif dalam meningkatkan pengalaman belajar fisika. Teknologi ini memungkinkan mahasiswa untuk melakukan eksplorasi mandiri, memecahkan masalah melalui pendekatan inkuiri, serta mendapatkan umpan balik instan, yang semuanya berkontribusi pada pemahaman konsep yang lebih mendalam dan retensi informasi yang lebih baik (Hwang & Chen, 2023; Dabbagh & Kitsantas, 2012).

Pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran fisika secara langsung berkontribusi pada pencapaian berbagai target dalam SDG 4. Misalnya, target 4.4 yang menekankan peningkatan jumlah pemuda dan orang dewasa yang memiliki keterampilan relevan untuk pekerjaan, pekerjaan layak, dan kewirausahaan, dapat dicapai melalui pengembangan literasi digital dan keterampilan komputasi yang terintegrasi dalam pembelajaran fisika berbasis teknologi. Teknologi juga berperan besar dalam menjembatani kesenjangan akses pendidikan, sejalan dengan target 4.5 yang berfokus pada penghapusan disparitas dan pemerataan akses pendidikan bagi kelompok rentan. Melalui platform daring dan sumber daya digital, pembelajaran fisika dapat diakses oleh mahasiswa di daerah terpencil atau mereka yang memiliki

keterbatasan fisik, memastikan bahwa "tidak ada seorang pun yang tertinggal" (no one left behind). Lebih dari itu, teknologi memfasilitasi pembelajaran personalisasi, memungkinkan instruktur untuk menyesuaikan konten dan kecepatan belajar dengan kebutuhan individu mahasiswa, sehingga memaksimalkan potensi setiap pembelajar dan menghasilkan lulusan yang tidak hanya menguasai fisika tetapi juga siap menjadi inovator di era digital (Molnar et al., 2020).

Pada bagian berikut akan disajikan deskripsi pilar-pilar teknologi dalam pembelajaran fisika yang telah dilakukan, diantaranya teknologi simulasi dan visualisasi, teknologi game, teknologi realitas virtual dan realitas tertambah, serta teknologi kecerdasan buatan.

B. Simulasi dan Visualisasi

Simulasi interaktif dan visualisasi telah menjadi instrumen pedagogis yang tak terpisahkan dalam pendidikan fisika modern. Simulasi interaktif merujuk pada representasi dinamis dari sistem atau fenomena fisika yang memungkinkan pengguna untuk secara aktif memanipulasi parameter, mengamati respons *real-time*, dan menganalisis dampaknya (Wieman, 2017). Berbeda dengan video atau animasi pasif, esensi simulasi interaktif terletak pada kapasitasnya untuk memfasilitasi eksperimentasi virtual. Mahasiswa dapat mengubah variabel seperti massa, energi, atau konfigurasi medan, lalu seketika melihat bagaimana perubahan tersebut memengaruhi perilaku sistem, misalnya dalam simulasi gerak harmonik sederhana atau interaksi partikel subatomik (Perkins et al., 2012).

Sementara itu, visualisasi adalah proses penerjemahan data abstrak, konsep, atau fenomena yang tidak terlihat menjadi bentuk grafis yang dapat dipahami (Johnson et al., 2020). Dalam fisika, visualisasi mencakup spektrum luas, mulai dari grafik,

diagram vektor, model 3D struktur atom, hingga animasi yang menggambarkan propagasi gelombang atau dinamika fluida. Tujuannya adalah untuk membantu mahasiswa membangun model mental yang akurat dan intuitif tentang konsep fisika, menjembatani jurang antara teori abstrak dan realitas fisik yang mendasarinya (Ainsworth & Loizou, 2018).

Peran krusial kedua pendekatan ini dalam pembelajaran fisika tak terbantahkan. Fisika seringkali melibatkan konsep yang sangat abstrak, fenomena yang terjadi pada skala yang ekstrem (mikroskopis atau makroskopis), atau membutuhkan kondisi eksperimen yang sulit dicapai di lingkungan kelas. Simulasi dan visualisasi berfungsi sebagai jembatan yang kuat untuk mengatasi hambatan-hambatan ini. Mereka memungkinkan mahasiswa untuk "melihat" apa yang tidak dapat diobservasi langsung, "melakukan" eksperimen yang secara fisik tidak mungkin atau terlalu berbahaya, dan "menjelajahi" kompleksitas yang sebelumnya hanya dapat dibayangkan, sehingga membuat pembelajaran lebih konkret, menarik, dan bermakna (Cheng & Tsai, 2021).

Integrasi simulasi interaktif dan visualisasi dalam kurikulum fisika telah terbukti memberikan sejumlah manfaat pedagogis yang substansial:

1. Meningkatkan Pemahaman Konseptual dan Penalaran Ilmiah: Dengan simulasi, mahasiswa secara aktif terlibat dalam proses penemuan, memanipulasi variabel untuk mengidentifikasi hubungan sebab-akibat. Ini membantu mereka membangun pemahaman konseptual yang lebih dalam daripada hanya menghafal rumus (Wieman, 2017). Visualisasi, di sisi lain, membantu mahasiswa membentuk representasi mental yang jelas tentang fenomena abstrak, seperti distribusi medan listrik atau sifat gelombang partikel, yang sulit divisualisasikan tanpa bantuan (Chen et al., 2021). Studi menunjukkan bahwa penggunaan simulasi interaktif dapat secara signifikan

- meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam menerapkan prinsip fisika ke situasi baru dan memecahkan masalah (Peralta et al., 2023).
2. Meningkatkan Keterlibatan dan Motivasi Belajar: Sifat interaktif dan eksploratif dari simulasi secara inheren menarik bagi mahasiswa, mengubah mereka dari penerima pasif menjadi peserta aktif dalam proses pembelajaran. Kemampuan untuk secara langsung melihat hasil dari manipulasi mereka sendiri memicu rasa ingin tahu, eksperimentasi, dan motivasi intrinsik. Visualisasi yang dirancang dengan baik juga dapat membuat topik yang rumit menjadi lebih menarik secara visual dan kognitif (Ribeiro et al., 2020). Platform seperti PhET Interactive Simulations (University of Colorado Boulder) adalah contoh utama bagaimana desain yang berpusat pada pengguna dapat meningkatkan keterlibatan mahasiswa secara drastis.
 3. Mengembangkan Keterampilan Inkuiri dan Pemecahan Masalah: Simulasi menyediakan lingkungan yang aman dan fleksibel bagi mahasiswa untuk berlatih keterampilan ilmiah esensial, termasuk merumuskan hipotesis, merancang eksperimen, mengumpulkan dan menganalisis data, serta menarik kesimpulan berdasarkan bukti (Rutten et al., 2012). Mahasiswa dapat melakukan percobaan berulang kali tanpa batasan biaya, waktu, atau keamanan, yang memungkinkan mereka untuk belajar dari kesalahan dan mengembangkan strategi pemecahan masalah yang efektif. Visualisasi data hasil simulasi juga melatih kemampuan interpretasi grafik dan identifikasi pola.
 4. Memfasilitasi Pembelajaran Daring dan Aksesibilitas: Di era pendidikan digital, simulasi dan visualisasi menjadi krusial untuk pembelajaran jarak jauh. Mereka menyediakan pengalaman laboratorium virtual yang dapat

diakses dari mana saja, menjembatani kesenjangan akses terhadap fasilitas fisik dan mendukung kesetaraan pendidikan sesuai SDG 4 (UNESCO, 2020). Bagi mahasiswa dengan kebutuhan khusus atau di daerah terpencil, teknologi ini membuka peluang belajar yang sebelumnya tidak mungkin. Selain itu, kemampuan untuk menyesuaikan kecepatan dan fokus dalam simulasi memungkinkan pembelajaran yang lebih personal dan adaptif terhadap kebutuhan individu mahasiswa (Hwang & Chen, 2023).

5. Menjembatani Teori dan Fenomena Dunia Nyata: Simulasi dan visualisasi memungkinkan mahasiswa untuk secara langsung melihat bagaimana prinsip-prinsip teoritis fisika yang mereka pelajari di kelas bermanifestasi dalam fenomena yang dapat diamati. Misalnya, konsep hukum kekekalan energi dapat divisualisasikan melalui transformasi energi kinetik dan potensial dalam gerakan *roller coaster* virtual, sementara simulasi dapat menunjukkan perilaku gelombang suara dalam berbagai medium. Ini memperkuat pemahaman mereka tentang relevansi fisika dalam menjelaskan dunia sekitar.

Implementasi simulasi dan visualisasi dalam pembelajaran fisika dapat bervariasi luas. Guru dapat mengintegrasikannya sebagai demonstrasi interaktif di kelas, sebagai bagian dari kegiatan laboratorium virtual, sebagai tugas proyek individu, atau sebagai alat revisi mandiri. Perkembangan terbaru dalam realitas virtual (VR) dan realitas tertambah (AR) menawarkan pengalaman yang semakin imersif, memungkinkan mahasiswa untuk "masuk" ke dalam fenomena fisika atau memproyeksikan visualisasi 3D ke lingkungan fisik mereka, meskipun adopsinya masih bergantung pada ketersediaan perangkat keras (Parong & Mayer, 2021). Kunci keberhasilan bukan hanya pada ketersediaan alat, melainkan pada desain

pedagogis yang cermat yang memandu mahasiswa untuk menggunakan simulasi dan visualisasi secara efektif, mendorong refleksi kritis, diskusi kolaboratif, dan koneksi mendalam antara pengalaman virtual dengan konsep fisika yang mendasarinya.

Penggunaan Simulasi interaktif dan visualisasi ini dalam pembelajaran fisika sudah lama kami lakukan, apalagi pada masa pembelajaran online. Demikian juga pelaksanaan penelitian terhadap penggunaan simulasi interaktif PhET dan simulasi lainnya telah dilakukan oleh mahasiswa bimbingan kami dan menghasilkan publikasi ilmiah.

C. Pembelajaran Fisika Berbasis Game

Pembelajaran fisika berbasis game (Game-Based Learning in Physics) merujuk pada integrasi elemen-elemen game atau penggunaan game yang dirancang khusus sebagai medium utama dalam proses belajar mengajar fisika. Pendekatan ini memanfaatkan prinsip-prinsip desain game seperti narasi, tantangan, *feedback* instan, sistem poin, level, dan kompetisi, untuk menciptakan pengalaman belajar yang imersif dan menarik (Plass et al., 2015). Berbeda dengan gamifikasi, yang hanya menerapkan elemen game ke dalam konteks non-game, pembelajaran berbasis game menggunakan game itu sendiri sebagai lingkungan belajar yang kohesif. Dalam konteks fisika, game bisa berupa simulasi interaktif yang dikemas dalam bentuk narasi petualangan, teka-teki yang diselesaikan dengan menerapkan hukum fisika, atau bahkan lingkungan virtual yang memungkinkan eksplorasi fenomena fisika secara bebas (Gee, 2007).

Potensi pedagogis pembelajaran fisika berbasis game sangat besar, terutama dalam mengatasi tantangan inheren dalam pendidikan fisika yang sering dianggap abstrak dan sulit. Game memiliki kemampuan unik untuk menyajikan konsep-konsep kompleks dalam konteks yang konkret dan relevan,

memungkinkan mahasiswa untuk "bereksperimen" dengan hukum fisika tanpa risiko atau batasan fisik (Fotaris & Mastoras, 2019). Misalnya, game dapat mensimulasikan gerak proyektil di Mars dengan gravitasi yang berbeda, atau memungkinkan pemain untuk merancang sirkuit listrik untuk menyalakan suatu objek di dalam dunia game. Melalui iterasi, eksplorasi, dan penyelesaian masalah dalam lingkungan game, mahasiswa dapat membangun pemahaman konseptual yang lebih dalam dan tahan lama.

Integrasi pembelajaran fisika berbasis game menawarkan sejumlah manfaat pedagogis yang signifikan, selaras dengan kebutuhan pendidikan abad ke-21:

1. Meningkatkan Keterlibatan dan Motivasi Belajar: Salah satu keunggulan utama game adalah kemampuannya untuk secara intrinsik memotivasi pemain. Tantangan yang terstruktur, *feedback* yang cepat, dan rasa pencapaian saat menyelesaikan level atau misi, dapat secara drastis meningkatkan minat dan keterlibatan mahasiswa dalam topik fisika yang mungkin sebelumnya dianggap membosankan atau sulit (Hamari et al., 2016). Keterlibatan emosional dan kognitif yang tinggi ini berkorelasi positif dengan hasil belajar yang lebih baik.
2. Mengembangkan Pemahaman Konseptual dan Penalaran Ilmiah: Game dapat menyajikan konsep fisika dalam konteks yang dinamis dan visual, memungkinkan mahasiswa untuk mengamati hukum fisika berlaku secara real-time. Misalnya, game yang melibatkan pembangunan jembatan atau struktur lainnya memaksa mahasiswa untuk menerapkan prinsip-prinsip mekanika dan statika secara intuitif. Melalui eksperimentasi berbasis game, mahasiswa dapat menguji hipotesis, menganalisis hasil, dan merevisi pemahaman

- mereka secara berulang, yang merupakan inti dari penalaran ilmiah (Connolly et al., 2012).
3. Mendorong Keterampilan Pemecahan Masalah dan Berpikir Kritis: Banyak game fisika dirancang sebagai teka-teki atau simulasi berbasis masalah yang menuntut mahasiswa untuk menerapkan pengetahuan fisika mereka untuk menemukan solusi. Proses ini melatih kemampuan pemecahan masalah, analisis situasi, dan pengambilan keputusan strategis. Mahasiswa belajar untuk berpikir secara fleksibel dan kreatif untuk mengatasi tantangan yang disajikan dalam game (Sitzmann, 2011).
 4. Menyediakan Pembelajaran Personal dan Adaptif: Beberapa game edukasi berbasis AI dapat menyesuaikan tingkat kesulitan dan konten pembelajaran berdasarkan kinerja individu mahasiswa. Ini memungkinkan pengalaman belajar yang dipersonalisasi, di mana mahasiswa dapat belajar dengan kecepatan mereka sendiri dan fokus pada area yang memerlukan perhatian lebih, sehingga memaksimalkan potensi belajar setiap individu (Eseryel et al., 2014).
 5. Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi dan Komunikasi: Banyak game modern, termasuk yang dirancang untuk edukasi, mendukung mode multipemain atau kolaborasi. Hal ini mendorong mahasiswa untuk bekerja sama, berbagi ide, berdiskusi tentang strategi, dan memecahkan masalah fisika secara kolektif. Keterampilan kolaborasi dan komunikasi adalah esensial dalam lingkungan kerja profesional dan penelitian ilmiah (Johnson et al., 2020).

Implementasi pembelajaran fisika berbasis game dapat dilakukan dalam berbagai format. Ini bisa berupa game komputer atau mobile yang dikembangkan secara komersial atau mandiri, atau bahkan game non-digital yang didesain dengan prinsip-prinsip fisika. Tantangannya meliputi

ketersediaan game yang berkualitas tinggi dan sesuai kurikulum, kebutuhan akan infrastruktur teknologi yang memadai, serta pelatihan untuk mengintegrasikan game secara efektif dalam pedagogi mereka (Ke & Clark, 2021). Meskipun demikian, dengan perencanaan yang tepat dan pemilihan game yang bijak, pembelajaran fisika berbasis game menawarkan jalur yang inovatif dan efektif untuk mewujudkan pendidikan fisika yang lebih menarik, relevan, dan memberdayakan bagi mahasiswa di era digital.

Untuk penggunaan teknologi game ini kami sudah melakukan penelitian dan pengajaran sejak lama, dan telah sampai pada tahap mahasiswa bimbingan kami membuat produk game dan telah pula melakukan penelitian yang dipublikasikan.

D. Pemanfaatan Realitas Virtual dan Realitas Tertambah

Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR) merepresentasikan lompatan signifikan dalam teknologi imersif yang kini semakin banyak diterapkan dalam pendidikan, termasuk pembelajaran fisika. Virtual Reality menciptakan lingkungan simulasi yang sepenuhnya imersif dan artifisial, di mana pengguna terisolasi dari dunia fisik dan sepenuhnya tenggelam dalam pengalaman digital. Melalui penggunaan *head-mounted displays* (HMD), VR dapat menyajikan skenario fisika yang kompleks, seperti perjalanan di dalam atom, eksplorasi medan gravitasi di sekitar lubang hitam, atau pengamatan reaksi nuklir pada skala mikroskopis, yang mustahil dilakukan di dunia nyata (Kapp & Zender, 2021). Mahasiswa dapat berinteraksi dengan objek dan fenomena dalam lingkungan virtual seolah-olah mereka berada di dalamnya, memberikan pengalaman belajar yang mendalam dan multi-sensorik.

Di sisi lain, Augmented Reality adalah teknologi yang melapisi objek digital dan informasi ke dalam pandangan dunia nyata pengguna secara *real-time*. Berbeda dengan VR yang menciptakan lingkungan baru, AR memperkaya realitas yang sudah ada (Wu et al., 2013). Dalam konteks fisika, AR dapat digunakan untuk memproyeksikan model 3D partikel subatomik ke meja belajar mahasiswa, menampilkan medan listrik di sekitar muatan yang diletakkan di kelas, atau mengilustrasikan vektor gaya pada objek yang diamati secara langsung (Sirakaya & Alsancak Sirakaya, 2018). Interaksi ini terjadi dalam ruang fisik mahasiswa, seringkali melalui perangkat *smartphone*, *tablet*, atau kacamata AR khusus, memungkinkan mereka untuk melihat konsep abstrak fisika dalam konteks lingkungan sehari-hari.

Karakteristik utama VR dan AR adalah imersifitas dan interaktivitas yang tinggi. Imersifitas mengacu pada sejauh mana teknologi dapat membuat pengguna merasa hadir dalam lingkungan digital atau berinteraksi dengan objek virtual. Interaktivitas memungkinkan pengguna untuk memanipulasi dan memengaruhi lingkungan atau objek virtual, sehingga pengalaman belajar menjadi lebih aktif dan berpusat pada mahasiswa. Kemampuan ini sangat relevan untuk fisika, di mana pemahaman seringkali membutuhkan visualisasi dinamis dan eksperimentasi langsung terhadap fenomena yang tidak dapat diakses secara konvensional.

Pemanfaatan VR dan AR dalam pembelajaran fisika menawarkan potensi transformatif yang besar, memberikan berbagai manfaat pedagogis yang sejalan dengan target Pendidikan Berkualitas (SDG 4).

1. Meningkatkan Pemahaman Konseptual dan Abstraksi: Fisika seringkali melibatkan konsep abstrak seperti gelombang elektromagnetik, relativitas, atau mekanika kuantum yang sulit divisualisasikan. VR dan AR dapat membuat konsep-konsep ini menjadi konkret dan interaktif.

- Misalnya, mahasiswa dapat "memasuki" medan magnet dan merasakan arah gayanya dalam VR, atau melihat visualisasi perambatan gelombang suara di sekitar mereka menggunakan AR. Pengalaman imersif ini membantu mahasiswa membangun model mental yang lebih akurat dan memperkuat pemahaman konseptual dibandingkan metode tradisional (Radianti et al., 2020).
2. Menyediakan Akses ke Eksperimen yang Sulit atau Berbahaya: VR dapat mensimulasikan laboratorium fisika yang kompleks, mahal, atau berbahaya tanpa risiko fisik atau batasan biaya. Mahasiswa dapat melakukan percobaan nuklir, mengamati fusi plasma, atau menguji stabilitas struktur di bawah tekanan ekstrem dalam lingkungan virtual yang aman. Ini juga menjembatani kesenjangan aksesibilitas laboratorium bagi institusi dengan sumber daya terbatas, mendukung target 4.A SDG 4 tentang pembangunan dan peningkatan fasilitas pendidikan (Makransky & Petersen, 2021).
 3. Meningkatkan Keterlibatan dan Motivasi Belajar: Sifat novel dan imersif dari VR/AR secara inheren menarik bagi mahasiswa, mengubah pembelajaran fisika menjadi pengalaman yang menyenangkan dan memotivasi. Rasa "kehadiran" dalam lingkungan virtual atau kemampuan untuk berinteraksi dengan objek 3D di dunia nyata dapat secara signifikan meningkatkan minat mahasiswa terhadap topik fisika dan mendorong eksplorasi mandiri (Parong & Mayer, 2021). Ini sejalan dengan target 4.7 SDG 4 yang mendorong pembelajaran transformatif.
 4. Mengembangkan Keterampilan Ilmiah dan Pemecahan Masalah: Dalam lingkungan VR/AR, mahasiswa dapat berlatih keterampilan ilmiah seperti observasi, pengumpulan data, analisis, dan perumusan hipotesis. Mereka dapat memanipulasi

- variabel, menguji teori, dan melihat hasil secara instan, yang mendukung pengembangan pemikiran kritis dan kemampuan pemecahan masalah (Akçayır & Akçayır, 2017). Lingkungan ini juga memungkinkan iterasi eksperimen yang cepat, memfasilitasi proses belajar dari kesalahan.
5. Memfasilitasi Pembelajaran Inklusif dan Personal: VR dan AR dapat disesuaikan untuk berbagai gaya belajar dan kebutuhan khusus mahasiswa. Misalnya, mahasiswa dengan keterbatasan mobilitas dapat mengakses laboratorium virtual yang sama dengan mahasiswa lainnya. Selain itu, pengalaman imersif dapat dirancang untuk mengakomodasi kecepatan belajar individu, memberikan *feedback* adaptif, dan memungkinkan mahasiswa untuk berfokus pada area yang paling menantang bagi mereka (Hwang & Chen, 2023). Ini secara langsung mendukung target 4.5 SDG 4 untuk memastikan akses yang sama ke semua tingkat pendidikan bagi kelompok rentan.

Implementasi VR dan AR dalam pembelajaran fisika dapat bervariasi, mulai dari modul singkat yang berdiri sendiri hingga integrasi kurikulum penuh. Meskipun tantangan seperti biaya perangkat keras, pengembangan konten berkualitas tinggi, dan pelatihan guru masih ada, kemajuan teknologi yang pesat membuat VR dan AR semakin terjangkau dan mudah diakses. Dengan strategi pedagogis yang tepat, teknologi imersif ini memiliki potensi untuk merevolusi cara fisika diajarkan dan dipelajari, mempersiapkan mahasiswa dengan pemahaman yang mendalam dan keterampilan yang relevan untuk menghadapi tantangan global dan berkontribusi pada pembangunan berkelanjutan.

Untuk penggunaan VR dan AR ini kami telah sampai pada tahap publikasi dan mengikuti Konferensi Internasional serta melakukan pengabdian

masyarakat. Dalam teknologi ini juga sudah dihasilkan buku ber ISBN dan mendapatkan HAKI.

E. Kecerdasan Buatan

Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence/AI) merujuk pada pengembangan sistem komputer yang mampu melakukan tugas-tugas yang biasanya membutuhkan kecerdasan manusia, seperti pembelajaran, pemecahan masalah, pengambilan keputusan, persepsi visual, dan pengenalan bahasa alami (Russell & Norvig, 2021). Dalam konteks pendidikan, AI bukan sekadar alat pelengkap, melainkan agen transformatif yang memiliki potensi untuk merevolusi proses belajar mengajar. Integrasi AI dalam pembelajaran fisika memungkinkan personalisasi yang mendalam, efisiensi operasional, dan kemampuan untuk mengatasi tantangan pedagogis yang kompleks.

Relevansi AI dalam pembelajaran fisika sangat menonjol mengingat sifat mata pelajaran ini yang seringkali dianggap abstrak, menuntut penalaran logis yang kuat, dan membutuhkan pemahaman konsep yang bertahap. AI dapat menganalisis pola belajar mahasiswa, mengidentifikasi kesenjangan pemahaman, dan menyediakan intervensi yang tepat waktu dan relevan. Ini berarti pembelajaran fisika dapat beralih dari pendekatan satu-ukuran-untuk-semua menjadi pengalaman yang sangat disesuaikan dengan kebutuhan individu mahasiswa, mengakselerasi pencapaian Pendidikan Berkualitas (SDG 4) yang inklusif dan merata (UNESCO, 2019).

Pemanfaatan AI dalam pembelajaran fisika membawa sejumlah manfaat pedagogis yang signifikan dan berkontribusi langsung pada pencapaian target-target SDG 4, seperti: 1) Personalisasi Pembelajaran dan Jalur Belajar Adaptif, 2) Umpan Balik Instan dan Analisis Performa yang Mendalam, 3) Aksesibilitas dan Pendidikan Inklusif, 4) Efisiensi dalam Penilaian dan

Administratif, 5) Pengembangan Konten Pembelajaran Dinamis dan Adaptif.

1. Personalisasi Pembelajaran dan Jalur Belajar Adaptif: AI memungkinkan terciptanya sistem tutor cerdas (Intelligent Tutoring Systems/ITS) yang mampu menganalisis kinerja, gaya belajar, dan preferensi mahasiswa secara *real-time*. Berdasarkan analisis ini, AI dapat menyesuaikan materi pembelajaran, tingkat kesulitan soal, urutan topik, dan jenis *feedback* yang diberikan (Chen et al., 2020). Dalam fisika, ITS dapat mendeteksi miskonsepsi mahasiswa tentang topik tertentu (misalnya, hukum Newton atau konsep energi) dan kemudian menyajikan penjelasan alternatif, simulasi, atau latihan tambahan yang ditargetkan untuk mengatasi miskonsepsi tersebut. Ini memastikan setiap mahasiswa menerima dukungan yang mereka butuhkan untuk mencapai penguasaan, sejalan dengan target 4.4 SDG 4 yang berfokus pada relevansi keterampilan.
2. Umpan Balik Instan dan Analisis Performa yang Mendalam: AI dapat memberikan *feedback* instan dan adaptif kepada mahasiswa atas respons mereka. Ini jauh lebih cepat dan konsisten daripada *feedback* dari guru manusia, memungkinkan mahasiswa untuk segera mengoreksi kesalahan dan memperkuat pemahaman. Selain itu, analisis data pembelajaran (Learning Analytics) yang didukung AI dapat memproses volume besar data performa mahasiswa untuk mengidentifikasi tren, memprediksi risiko kegagalan, dan memberikan wawasan berharga bagi guru untuk merancang intervensi yang lebih efektif (Baker & Inventado, 2014). Dalam fisika, AI dapat melacak bagaimana mahasiswa memecahkan masalah fisika langkah demi langkah, mengidentifikasi di mana mereka sering mengalami kesulitan, dan memberikan petunjuk yang terpersonalisasi.

3. **Aksesibilitas dan Pendidikan Inklusif:** AI dapat menjembatani kesenjangan akses pendidikan bagi mahasiswa dengan kebutuhan khusus atau di daerah terpencil. Misalnya, sistem pengenalan suara dan sintesis teks-ke-ucap AI dapat membantu mahasiswa tunanetra mengakses materi fisika, sementara *chatbot* bertenaga AI dapat memberikan dukungan belajar 24/7 di luar jam sekolah (Hwang & Chen, 2023). Kemampuan AI untuk mengotomatisasi beberapa tugas pengajaran juga dapat membebaskan waktu guru untuk fokus pada interaksi personal yang lebih mendalam, mendukung target 4.5 SDG 4 tentang penghapusan disparitas dan pemerataan akses.
4. **Efisiensi dalam Penilaian dan Administratif:** AI dapat mengotomatisasi proses penilaian tugas, kuis, dan ujian, terutama untuk soal pilihan ganda atau esai yang terstruktur, memungkinkan guru untuk mengalihkan fokus mereka dari tugas administratif ke pedagogi. Algoritma AI juga dapat membantu dalam penjadwalan, pengelolaan kelas, dan identifikasi materi ajar yang paling efektif, sehingga meningkatkan efisiensi sistem pendidikan secara keseluruhan (Roll & Wylie, 2016).
5. **Pengembangan Konten Pembelajaran Dinamis dan Adaptif:** AI dapat digunakan untuk menghasilkan atau merekomendasikan konten pembelajaran fisika yang disesuaikan secara dinamis, seperti latihan soal yang bervariasi, simulasi, atau penjelasan konsep dari berbagai perspektif. Ini memastikan bahwa materi yang disajikan relevan dengan kebutuhan dan tingkat pemahaman mahasiswa, memfasilitasi pembelajaran seumur hidup dan adaptif. AI bahkan dapat membantu dalam memutakhirkan kurikulum secara otomatis berdasarkan tren terbaru dalam fisika.

Implementasi AI dalam pembelajaran fisika masih dalam tahap evolusi, namun potensinya untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih personal,

efisien, dan inklusif sangat besar. Meskipun ada tantangan terkait etika, privasi data, dan kebutuhan akan pelatihan, investasi AI dalam pendidikan adalah langkah krusial menuju pencapaian pendidikan berkualitas tinggi yang sesuai dengan visi SDGs 2030. Untuk penggunaan AI ini kami telah sampai pada tahap publikasi dan melakukan pengabdian masyarakat.

F. Kesimpulan

Berdasarkan uraian di atas, maka disimpulkan bahwa penggunaan Teknologi dalam Pembelajaran Fisika adalah sebuah keharusan untuk dapat mewujudkan Pendidikan Berkualitas sebagai diamanatkan dalam SDGs. Saya dan tim telah berkolaborasi untuk melakukan penelitian terkait pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran fisika terutama terkait simulasi dan visualisasi, penggunaan game, penggunaan VR dan AR, serta penggunaan teknologi AI dalam pembelajaran fisika. Hasil penelitian tersebut juga sudah dipublikasikan, dilakukan pengabdian Masyarakat dan telah pula digunakan dalam kegiatan pembelajaran di Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mulawarman.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainsworth, S., & Loizou, A. T. (2018). *Learning with multiple representations*. In *Handbook of Learning and Technology* (pp. 111-125). Routledge.
- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Technology Research and Development*, 65(5), 1083-1099.
- Baker, R. S. J. D., & Inventado, P. S. (2014). Educational Data Mining and Learning Analytics: Applications and Prospects. In K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (2nd ed., pp. 561-584). Cambridge University Press.
- Chen, X., Xie, H., & Hwang, G. J. (2020). Application of artificial intelligence in education: A systematic review. *Educational Technology & Society*, 23(3), 1-22.
- Chen, Y., Yu, D., & Yang, B. (2021). The effects of different types of visualization tools on students' learning performance and cognitive load in science education. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(1), 221-235.
- Cheng, H. T., & Tsai, C. C. (2021). A review of research on virtual reality in science education: Trends, issues, and future directions. *Interactive Learning Environments*, 29(4), 585-602.
- Connolly, T. M., Boyle, E. A., Macarthur, E., Hainey, T., & Purushothaman, J. (2012). A systematic literature review of the empirical evidence on the impacts of serious games in education. *Computers & Education*, 59(2), 661-683.
- Dabbagh, N., & Kitsantas, A. (2012). *Methods in Educational Research: From Theory to Practice*. Guilford Press.
- Eseryel, D., Law, V., Ifenthaler, D., & Ge, X. (2014). Learning, problem solving, and transfer in game-based learning environments. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (pp. 379-389). Springer.
- Fotaris, P., & Mastoras, T. (2019). Gamification and digital game-based learning in higher education: A systematic

- review of the literature. *Education and Information Technologies*, 24(1), 1-32.
- Gee, J. P. (2007). *What video games have to teach us about learning and literacy*. Palgrave Macmillan.
- Hamari, J., Shernoff, D. J., Rowe, M., Asbell-Clarke, J., & Edwards, T. (2016). An empirical study of the effect of digital game-based learning on student engagement and academic performance. *Computers in Human Behavior*, 60, 469-481.
- Hwang, G. J., & Chen, C. H. (2023). A review of research on artificial intelligence in education: Emerging trends and future directions. *Interactive Learning Environments*, 31(1), 1-22.
- Johnson, L., Adams Becker, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., & Hall, C. (2020). *NMC/CoSN Horizon Report: 2020 K-12 Edition*. EDUCAUSE.
- Kapp, F., & Zender, R. (2021). *Immersive Learning: Augmented and Virtual Reality in Education*. Springer.
- Ke, F., & Clark, L. (2021). *Game-based learning in education*. In S. A. Spector, J. M. Merrill, M. D. & C. S. D. (Eds.), *Handbook of Research on Learning and Instruction in the Digital Age* (pp. 57-70). Springer.
- Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). The effect of social virtual reality on students' learning and motivation in a science lab. *Computers & Education*, 172, 104271.
- Molnar, A., Rata, G., & Dobre, E. (2020). Personalized Learning Environments: Challenges and Perspectives for Technology-Enhanced Learning. *Procedia Computer Science*, 176, 2195-2200.
- Parong, J., & Mayer, R. E. (2021). Principles for designing effective augmented reality instruction. *Educational Technology Research and Development*, 69(1), 147-164.
- Parong, J., & Mayer, R. E. (2021). Principles for designing effective augmented reality instruction. *Educational Technology Research and Development*, 69(1), 147-164.
- Peralta, J., Mestre, J. P., & Zollman, D. A. (2023). The role of interactive simulations in improving students' conceptual understanding and problem-solving skills in introductory physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 60(2), 229-252.
- Perkins, K. K., Moore, E. B., Labrake, S. K., & Wieman, C. E. (2012). Interactive simulations for teaching and learning physics. *Physics Today*, 65(9), 30-36.

- Plass, J. L., O'Keefe, P. A., & Homer, B. D. (2015). Future directions for educational game design. *Education Psychologist*, 50(2), 151-161.
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and future directions. *Computers & Education*, 147, 103778.
- Rahmawati, R., Huda, M., & Rahman, N. (2021). Tantangan Pembelajaran Fisika pada Era Digital dan Potensi Pemanfaatan E-Learning. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika*, 10(1), 32-41.
- Ribeiro, A. M., Miranda, L., & Henriques, C. (2020). The use of interactive simulations in physics education: A systematic review. *European Journal of Physics*, 41(4), 045701.
- Roll, I., & Wylie, R. (2016). Goldilocks and the two e-learning environments: The instructional design dilemma of providing sufficient guidance for effective learning. *Journal of Learning Analytics*, 3(1), 1-27.
- Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.). Pearson.
- Rutten, N., van Joolingen, W. R., & van der Veen, T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58(1), 136-150.
- Schwab, K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. Crown Business.
- Sirakaya, M., & Alsancak Sirakaya, D. (2018). Augmented reality in education: A systematic review. *Malaysian Online Journal of Educational Sciences*, 6(2), 26-42.
- Sitzmann, T. (2011). A meta-analytic examination of the instructional effectiveness of computer-based simulation games. *Personnel Psychology*, 64(2), 489-528.
- UNESCO. (2019). *Artificial intelligence in education: Compendium of promising initiatives*. UNESCO. Retrieved from <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000370844>
- UNESCO. (2020). *COVID-19 and education: Four priorities for rapid response to protect learners during the global crisis*. Retrieved from

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373977>

United Nations. (2015). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. Retrieved from

<https://sdgs.un.org/2030agenda>

Wieman, C. E. (2017). *Improving how universities teach science: Lessons from the science of learning*. Harvard University Press.

Wu, H. K., Lee, S. W., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41-49.



UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, syukur kami panjatkan kepada Allah Subhanallahu Taala atas Pencapaian Guru Besar.

Untuk anugrah Pencapaian gelar Guru Besar ini, saya berterima kasih dan mempersembahkan capaian ini kepada Keluarga Tercinta:

1) Hafninurneli, istri yang dengan sabar mendampingi dari titik nol perjalanan karir ini. 2) Keempat jagoan Khairul Alfahani, Khairun Hafizhan, Khairul Afhami dan Khairul Fikri, 3) Menantu saya Yonia Faldina dan cucu tersayang Nadine. 4) untuk Almarhum dan almarhumah Abak, Uni dan Amak serta Ayah dan ibu mertua, 5) Bapak dan Ibu guru serta dosen yang telah memberikan ilmunya. Semoga capaian ini dapat berarti bagi agama, serta nusa bangsa.

Secara khusus Kami ucapkan terima kasih dan penghargaan kepada:

Menteri Pendidikan Tinggi Sains dan Teknologi, Rektor Universitas Mulawarman, Ketua Senat dan seluruh anggota senat Universitas, Tim penilai Guru Besar, Para Guru Besar, Dekan dan Wakil Dekan FKIP, Ketua Senat FKIP dan seluruh anggotanya, Ketua LP2M dan LP3M beserta jajarannya, Teman-teman tendik di Rektorat dan di FKIP, keluarga besar sivitas akademik Universitas Mulawarman, terkhusus rekan-rekan dosen dan mahasiswa Pendidikan fisika.

CURRICULUM VITAE

Nama : Zeni Haryanto
NIP : 196812101994031002
NIDN : 0010126810
Tempat, Tanggal
Lahir : Pariaman, 10 Desember 1968
Agama : Islam
Email : zeni.haryanto@fkip.unmul.ac.id
zeni1968@gmail.com
No HP : 081350369621
Program Studi : Pendidikan Fisika
Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Pangkat, Gol. : Pembina Tk. I, IVb
Jabfung, TMT : Guru Besar, 1 Juni 2025
ID SINTA : 5980231
ID SCOPUS : 57202300628

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. Sarjana (S1) Pendidikan Fisika, IKIP Padang (sekarang UNP), lulus 1993.
2. Magister (S2) Pendidikan IPA, IKIP Bandung (Sekarang UPI), lulus 1999.
3. Doktor (S3) Pendidikan IPA, Universitas Pendidikan Indonesia (UPI) Bandung, lulus 2006.

RIWAYAT PENELITIAN

1. **Haryanto, Z.**, Efwinda, S., Sholeh, M., Anggraeni B, Pasaribu, D.R. (2025). Readiness of Indonesian physics teachers to implement augmented reality-based learning. *IJERE*, 14 (2), 1398-1407. <https://doi.org/10.11591/ijere.v14i2.28769>
2. Debora, M. C., **Haryanto, Z.**, & Qadar, R. (2025). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Edpuzzle pada Materi Elastisitas dan Hukum Hooke sesuai Kurikulum Merdeka. *Jurnal Literasi*

- Pendidikan Fisika (JLPF)*, 6(1), 34–41.
<https://doi.org/10.30872/jlpf.v6i1.4464>
3. **Haryanto, Z.**, Efwinda, S., Nurhayati, N., Sholeh, M., & Norsaputra, A. (2024). Augmented Reality-Based Learning: Needs Analysis On Electricity Topics From The Perspective Of High School Students. *Edusains*, 16(2), 192-203.
 4. Fadhilah, K. H., **Haryanto, Z.**, & Komariyah, L. (2024). Development of Augmented Reality-Based High School Physics Learning Media on Static Electricity Material. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 10(2), 367–276.
<https://doi.org/10.29303/jpft.v10i2.7553>
 5. **Haryanto, Z.**, Efwinda, S., & Sulaeman, N. F. (2024). Factors of Shaping PCK Self-efficacy for Pre-service Physics Teachers Throughout Microteaching Course. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 14(4), 351–358.
<https://doi.org/10.47750/pegegog.14.04.32>
 6. **Haryanto, Z.**, Nurhayati, Fadhilah, K. H., Efwinda, S., & Sulaeman, N. F. (2024, April). PCK self-efficacy of early and final level students (pre-service teachers): Is there a difference?. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3052, No. 1, p. 020009). AIP Publishing LLC.
 7. RS Rindantiya, **Z Haryanto**, Setyasih I. (2024). Augmented Horizons: Development and Impact of Augmented Reality on Atmospheric Education. *Future Space: Studies in Geo-Education*, 1(2), 223-235.
 8. Sholeh, M., **Haryanto, Z.**, & Zulkarnaen, Z. (2024). Development of augmented reality-based physics learning media on magnetic field. *Momentum: Physics Education Journal*, 8(1), 120-132.
 9. Wardani, R. B., Sulaeman, N. F., & **Haryanto, Z.** (2024). Engaging every learner: Differentiated educational materials for renewable energy. *Research and Development in Education*

- (*RaDEn*), 4(2), 1083–1097.
<https://doi.org/10.22219/raden.v4i2.33868>
10. Efwinda, S., **Haryanto, Z.**, & Sulaeman, N. F. (2024). Fostering Self-efficacy for Future Physics Teachers: Recommendation of Future Direction of Teacher Education Institutions. *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*, 14(2).
 11. Efwinda, S., **Haryanto, Z.**, Sulaeman, N. F., & Nuryadin, A. (2023). Self-Efficacy of PCK: An Exploration of Indonesian Prospective Physics Teacher Perspectives. *Jurnal Pendidikan Indonesia Gemilang*, 3(2), 230-241.
 12. **Haryanto, Z.**, Efwinda, S., & Sulaeman, N. F. (2023). Changes in the Pedagogical Content Knowledge (PCK) Self-Efficacy of Pre-Service Physics Teachers: Redefining the Role of Influencing Factors. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(1), 109–116. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i1.2268>

RIWAYAT PENGABDIAN MASYARAKAT

1. Damayanti, P., **Haryanto, Z.**, Falentino, C., & Farida, S. D. W. P. (2025). Pemanfaatan AI Dalam Pembuatan Modul Ajar Untuk Mendukung Implementasi Kurikulum Merdeka. *Archive: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(2), 356–369. <https://doi.org/10.55506/arch.v4i2.173>
2. Darusman, D., Zahra, A. P., Muttaqin, M., Efwinda, S., & **Haryanto, Z.** (2024). Education for prospective teachers on augmented reality (AR) learning media in science subjects. *Bubungan Tinggi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(2), 261-270.
3. Anggraeni, B., Efwinda, S., **Haryanto, Z.**, Sholeh, M., & Armelia, A. (2023). Sosialisasi Pembelajaran Berbasis Augmented Reality (AR) bagi Guru Ilmu Pengetahuan Alam. *GERVASI: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 7(3), 1066–1078.
4. Nuryadin, A., Sulaeman, N. F., Komariyah, L., **Haryanto, Z.**, Setiyawan, R., Zulhiyah, F., ... &

Junus, M. (2022). Pelatihan Implementasi Inovasi Sains dan Teknologi melalui Artikel Ilmiah bagi Siswa SMA. *Bubungan Tinggi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(4), 1452-1458.

RIWAYAT JABATAN

1. 2016-2019, 2023–sekarang: Ketua Prodi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mulawarman
2. 2019-2023: Kepala Laboratorium Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mulawarman
3. 2014-2015: Tim Pengembangan Universitas Mulawarman
4. 2017-2022: PIC Soft Program PIU IsDB Universitas Mulawarman
5. 2015-2019: Anggota Senat Universitas Mulawarman
6. 2011-2015: Anggota Senat Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mulawarman
7. 2011-2016: Ketua Prodi Pendidikan Geografi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mulawarman
8. 2013-2015: Sekretaris UPT PPG, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mulawarman

RIWAYAT ORGANISASI

1. Ketua Bidang Pendidikan dan Pelatihan Perkumpulan Pendidik IPA Indonesia (PPII) wilayah Kalimantan Timur, Periode 2024-2028.
2. Anggota Asosiasi Lesson Study Indonesia (ALSI)
3. Anggota Ikatan Sarjana Pendidikan Indonesia (ISPI)
4. Anggota Jean Piaget Society (JPS)