

Augmented Reality dengan Model Generate Target dalam Visualisasi Objek Digital pada Media Pembelajaran

Randy Permana^{1✉}, Eka Praja Wiyata Mandala², Dewi Eka Putri³, Musli Yanto⁴

^{1,2,3,4} Teknik Informatika, Universitas Putra Indonesia YPTK Padang
randy_permana@upiypk.ac.id

Abstract

Augmented Reality (AR) is a digital technology that allows the creation of a combination between the real world and digital content projections to produce additional valuable information for users. This technology has begun to implement in various fields of human life like industry, health, military, entertainment, and education. AR technology will be applied to the education sector in this community service activity. This activity aims to introduce AR technology and a development model based on the Model Generate Target (MGT) to service partners, namely SMA INS Kayu Tanam. The Generate Target model is an AR application development concept by adopting the concept of Digital Twins, where digital content projections will be made similar to real objects. The projected digital content will serve as a descriptive object from the real world, so users can interact more flexibly with objects from the real world. The activity was carried out by providing an introduction to AR technology, installing AR design software, and practicing making simple AR applications using the MGT concept for partner service to the community. In this activity, the designed AR will use spherical objects in the real world and the resulting digital projection is a virus. Projection of digital content onto spherical objects will provide better information and learning experiences in viral object recognition because 3D objects will appear and be attached to real objects. The expected results of this community service activity are introducing AR technology to partners engaged in education and providing a new solution in implementing new digital content-based teaching media that can be applied to several subjects such as biology, chemistry, and glasses to community service partners.

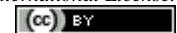
Keywords: Augmented Reality (AR), digital content, model generate targets (MGT), digital twins, teaching media

Abstrak

Augmented Reality (AR) merupakan sebuah teknologi digital yang memungkinkan terciptanya penggabungan antara dunia nyata dan proyeksi *kontent digital* untuk menghasilkan sebuah perpanjangan informasi yang berguna kepada pengguna. Teknologi ini sudah mulai diterapkan pada berbagai bidang kehidupan manusia seperti industri, kesehatan, militer, hiburan serta pendidikan. Pada kegiatan Pengabdian kepada masyarakat ini, teknologi AR akan diterapkan pada bidang pendidikan. Tujuan dari kegiatan ini adalah mengenalkan teknologi AR serta model pembangunan berbasis Model Generate Target (MGT) kepada mitra pengabdian yaitu SMA INS Kayu Tanam. Model Generate Target merupakan sebuah konsep pembangunan aplikasi AR dengan mengadopsi konsep dari Digital Twins, dimana proyeksi *kontent digital* akan dibuat serupa dengan objek nyata. *Kontent digital* yang diproyeksikan akan bertugas sebagai dekskriptif dari objek dari dunia nyata, sehingga pengguna dapat melakukan interaksi lebih fleksibel terhadap objek dari dunia nyata. Kegiatan dilaksanakan dengan memberikan pengantar teknologi AR, instalasi *software* perancangan AR, serta praktik pembuatan aplikasi AR sederhana dengan menggunakan konsep MGT kepada mitra pengabdian kepada masyarakat. Pada kegiatan ini, AR yang dirancang akan menggunakan objek bola pada dunia nyata serta proyeksi *digital* yang dihasilkan adalah sebuah virus. Proyeksi dari *kontent digital* terhadap objek bola akan memberikan informasi serta pengalaman pembelajaran yang lebih baik dalam pengenalan objek virus dikarenakan objek 3D akan muncul dan melekat pada objek nyata. Hasil yang diharapkan dari kegiatan pengabdian ini adalah mengenalkan teknologi AR kepada mitra yang bergerak dalam bidang pendidikan serta memberikan sebuah solusi baru dalam menerapkan media ajar berbasis *kontent digital* baru yang dapat diterapkan pada beberapa mata pelajaran seperti biologi, kimia dan fisika kepada mitra pengabdian masyarakat.

Kata kunci: Augmented Reality (AR), konten digital, Model Generate Target (MGT), digital twins, media ajar

Majalah Ilmiah UPI YPTK is licensed under a Creative Commons 4.0 International License.



1. Pendahuluan

Teknologi Augmented Reality (AR), merupakan sebuah inovasi teknologi yang memungkinkan penggabungan dunia nyata dan dunia *virtual* dalam memberikan informasi yang bermanfaat kepada pengguna. Teknologi ini akan memanfaatkan kemampuan teknologi komputer untuk mampu

melakukan *generasi digital* dan divisualisasikan kedalam dunia nyata secara *realtime* (waktu nyata) [1].

Sebagai sebuah teknologi yang termasuk kedalam *disruptive technology* (teknologi inovatif), Augmented Reality membuat pengguna mampu memahami lingkungan dengan element *virtual* yang merupakan konten yang sudah diatur sesuai dengan kebutuhan

sudut pandang pengguna terhadap muatan dari *kontent virtual* tersebut [2].

Teknologi ini dapat diterapkan kedalam seluruh sektor kehidupan manusia, seperti industri, pendidikan, kesehatan, militer serta hiburan dan sosial media. Perkembangan yang masif dari teknologi AR ini, akan memberikan dampak dan perubahan pada kehidupan manusia yang akan datang.

Terdapat beberapa pengembangan terhadap teknologi AR berdasarkan beberapa sektor yang dibahas sebelumnya. Pada sektor hiburan dan sosial media Penggunaan *kredibilitas* sumber yang baik, mampu menghadirkan sisi sosial serta konten yang disajikan dalam AR menjadi faktor *persuasif* yang baik dalam penerapan AR sebagai teknologi iklan pada masa yang akan datang [3].

Pada sektor industri, riset perkembangan teknologi AR meliputi pengaplikasian teknologi Artificial Intelligence (AI), Teknologi *Smart Manufacturing*, robot industrial, teknologi Digital Twins, perakitan, Internet Of Things, *visualisasi*, perawatan dan pelatihan[4]. Penerapan teknologi AR memiliki masa depan yang menjanjikan pada sektor industri, dimana teknooigi ini menawarkan kemampuan beradaptasi dan kemandirian tingkat tinggi dalam transfer ilmu serta pengetahuan yang berkaitan dengan sektor industri [5].

Sementara pada sektor militer, teknologi AR menawarkan sebuah konsep baru dalam melakukan pelatihan terhadap personel militer. Teknologi ini menghadirkan perangkat yang sangat berguna dalam meningkatkan kemampuan personel dalam melakukan operasi dengan memberikan resiko yang rendah terhadap personel [6].

Pada sektor kesehatan, salah satu penerapan AR adalah memungkinkan para ahli bedah *ortopedi* untuk menggabungkan dan menvisulkan data bedah, dimana penggabungan data tersebut dapat membantu pelaksanaan operasi bedah rutin dan kompleks[7].

Terakhir pada sektor pendidikan, dimana teknologi AR mampu menambahkan *realita* dengan memadukan gambar, suara serta teks. Penerapan teknologi ini pada sektor pendidikan dapat menjadi sebuah alternatif solusi media yang digunakan dalam melakukan transfer pengetahuan pada kegiatan belajar dan mengajar [8].

Augmented Reality mendorong kegiatan belajar berorientasi praktik kreatif [9], dimana siswa mampu menyerap pengetahuan lebih cepat melalui aktifitas yang dilakukan dengan menggunakan teknologi tersebut. Pengembangan model produk AR yang terjadi saat ini adalah dengan melakukan *visualisasi* gambar atau objek 3D ke dunia nyata dalam waktu nyata dan skala yang besar [10]. Berdasarkan temuan deskriptif, siswa berpendapat bahwa penggunaan aplikasi Augmented Reality sangat bermanfaat dalam proses pembelajaran, karena dapat membantu mereka memahami mata pelajaran, mengonkretkan konsep-konsep abstrak, dan memberikan pengalaman belajar

yang interaktif[11]. Pengembangan *Augmented Reality* (AR) melibatkan penggunaan perangkat yang memiliki kemampuan untuk melacak posisi pengguna serta penggunaan penanda yang ditempatkan dalam skenario nyata untuk memproyeksikan informasi digital tambahan [12]. Penanda yang digunakan pada mayoritas proyek AR menggunakan media 2D sebagai media pelacakan untuk memproyeksikan informasi. Pada kegiatan pengabdian ini, media pelacakan dari AR akan menggunakan objek 3D nyata, sehingga tujuan dari proyeksi terhadap informasi akan tercapai lebih baik lagi. Selain itu kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini juga bertujuan untuk memberikan pengetahuan dan motivasi dalam menerapkan teknologi AR di sektor pendidikan berbasis mobile dengan menggunakan metode Generate Target Model dalam pengembangan aplikasi AR.

Untuk memproyeksikan Augmented Reality, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini memilih Augmented Reality berbasis *mobile* atau lebih dikenal dengan istilah Mobile Augmented Reality (MAR). *Mobile Augmented Reality* (MAR) mengintegrasikan objek *virtual* yang dihasilkan oleh komputer dengan lingkungan nyata dengan menggunakan perangkat seluler[13]. *Mobile augmented Reality* (MAR) dipilih sebagai media proyeksi AR karena dianggap sebagai aplikasi yang inovatif, menjanjikan dan memiliki potensi untuk meningkatkan motivasi, partisipasi, dan peningkatan pengetahuan siswa [14]. Selain itu MAR merupakan alternatif dalam pengembangan AR karena perkembangan daya komputasi dari perangkat seluler mengalami peningkatan yang sangat signifikan selama beberapa tahun terakhir, sehingga menjadi pilihan utama dalam pengembangan produk AR [15].

Penerapan Model Target Generation bertujuan untuk memaksimalkan deteksi terhadap objek nyata sehingga informasi *virtual* dapat berperan sebagai informasi pendukung untuk meningkatkan transfer pengetahuan. Salah satu penerapan dari teknologi ini digunakan sebagai pemandu robot operasi pada bidang medis. Dokter bedah dapat mengintegrasikan informasi *visual* dalam bentuk model 3D ke dalam prosedur operasi secara *real-time*. Konsol robotik, yang digunakan oleh dokter bedah selama proses operasi, memungkinkan visualisasi model 3D yang akurat dan terperinci [16].

Perangkat lunak yang digunakan dalam perancangan teknologi AR berbasis model ini menggunakan *software* Unity 3D. Unity 3D merupakan sebuah game engine *multiplatform* yang dikembangkan untuk keperluan pembuatan game serta teknologi AR. Penggunaan *platform* Unity3D dan *plugin* serta modul sumber terbuka lainnya menawarkan peluang besar untuk memfasilitasi pengembangan produk digital seperti AR [17].

Pengembangan AR berbasis model ini sedikit mengadopsi konsep dari Digital Twins, dimana Digital Twins adalah *ekuivalen digital komprehensif* dari suatu objek atau aktivitas, yang mencerminkan sifat

dan perilaku *semantik* dan *geometris* melalui model dan data *virtual* [18] .

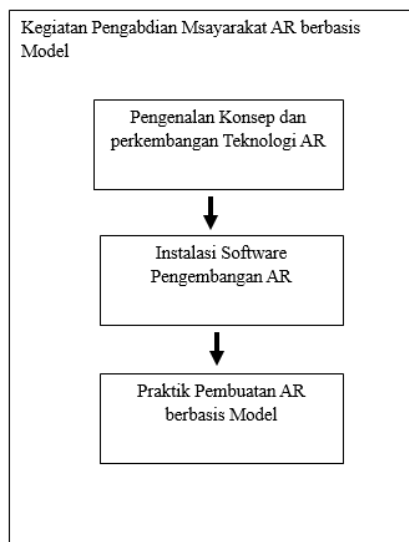
2. Metode Kegiatan

2.1 Pemilihan Mitra Kegiatan Pengabdian

Sekolah Menengah Atas (SMA) INS (Institut Nasional Sjafe'i) yang sebelumnya bernama Indonesisch Nederlansche School merupakan mitra yang dipilih dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini. SMA INS Kayutanam terletak di Jalan Raya Padang-Bukittinggi KM 53, Nagari Kayutanam, Kecamatan Lingkung 2x11, Kabupaten Padang Pariaman, Sumatera Barat, 25585. Tanah dan bangunan sekolah seluruhnya dimiliki oleh Yayasan Badan Wakaf Pendidikan INS Kayutanam. Pemilihan objek pengabdian ini didasarkan kepada kesesuaian tujuan dari pelaksanaan kegiatan pengabdian, yaitu mengenalkan teknologi AR berbasis model target sebagai media perluasan informasi dan pembelajaran.

2.2 Pelaksanaan Kegiatan pengabdian

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang ditujukan kepada SMA INS Kayu tanam dapat dilihat pada Gambar 1.

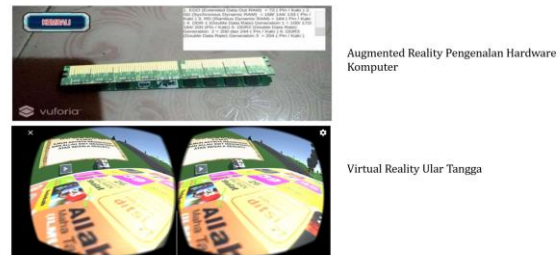


Gambar 1. Skema kegiatan Pengabdian

Pada Gambar 1 merupakan skema pengabdian kepada masyarakat yang membagi kegiatan pengabdian menjadi tiga sesi kegiatan. Kegiatan tersebut terdiri atas sesi pengenalan konsep dan perkembangan teknologi AR, sesi instalasi atau pemasangan *software* yang dibutuhkan untuk membangun aplikasi AR berbasis model dan sesi ketiga dilalui dengan praktik singkat perancangan aplikasi sederhana AR berbasis Model.

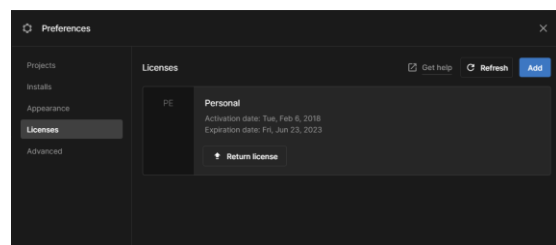
Pengenalan konsep dan perkembangan teknologi AR merupakan kegiatan pembuka dari serangkaian kegiatan pengabdian masyarakat yang dilakukan oleh tim pengabdian. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk pembukaan wawasan dan cakrawala dari peserta pengabdian (mitra pengabdian) terhadap potensi besar dari penerapan teknologi AR. Teknis dari kegiatan ini dilakukan dengan mengkombinasikan penggunaan video serta *slide* presentasi untuk mengantar konsep pengenalan dan perkembangan teknologi AR yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Beberapa Produk AR yang sudah diciptakan



Gambar 2. Slide Presentasi kegiatan Pengabdian

Presentasi yang dilakukan oleh tim pengabdian menjelaskan perkembangan teknologi AR secara global dan menjelaskan beberapa produk hasil pengembangan *internal* dari tim pengabdian kepada masyarakat. Pada gambar 2 memperlihatkan produk buatan tim pengabdian dalam bentuk AR berbasis model serta sebuah produk berbasis Virtual Reality (VR) yang masih terkait dengan konsep dari AR. Pada tahap berikutnya dilakukan *tutorial* (tuntunan) terhadap instalasi (pemasangan) aplikasi pembangun teknologi AR. Pada kegiatan ini, tim menggunakan tiga jenis *software* yang terdiri dari Unity3D sebagai software perancangan, Vuforia Model Generate Target (MGT) serta *software* desain 3D Blender. Ketiga *software* ini dipilih berdasarkan sifat *software* yang bersifat *open source* untuk Blender 3D dan *limited license* untuk Unity dan Vuforia yang diperbolehkan untuk kegiatan edukasi. Contoh *license* terbatas pada *software* Unity dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Contoh license Terbatas Software Unity

Seluruh *software* Unity yang digunakan oleh peserta diberikan *limited license* yang diberikan oleh Unity untuk penggunaan *software* secara personal. Gambar 3 merupakan salah satu contoh *limited license* yang

tertanam pada *software* tim pengabdian kepada masyarakat.

Setelah kegiatan *tutorial* instalasi dilakukan, pada akhir dari skema dilakukan praktikum dalam menghasilkan teknologi AR berbasis model kepada seluruh peserta kegiatan pengabdian masyarakat. Kegiatan dilakukan dengan menjelaskan langkah secara *sequential* dan *sistematis* dalam pembuatan teknologi AR berbasis model target.

2.3 Evaluasi Kegiatan

Sebagai penutup dari kegiatan pengabdian yang dilaksanakan pada mitra pengabdian, tim mengumpulkan beberapa pertanyaan dan sejumlah masukan yang diterima dari peserta kegiatan pengabdian masyarakat. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengevaluasi kesuksesan dari kegiatan serta tingkat penerimaan dari mitra pengabdian kepada masyarakat.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil yang dicapai dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah tersebarnya dan terserapnya pemanfaatan teknologi AR dalam dunia pendidikan sebagai salah satu alternatif maupun media *secondary* dalam kegiatan belajar dan mengajar.

Pada kegiatan pengabdian ini, tim melakukan pendekatan langsung kepada target potensial yang dapat menerapkan teknologi AR tersebut. Untuk mencapai hasil, tim memilih untuk melakukan *tutorial* dan praktikum secara langsung kepada target pengguna, sehingga kendala yang terjadi terkait dengan teknis pembuatan dapat diatasi oleh tim pengabdian.

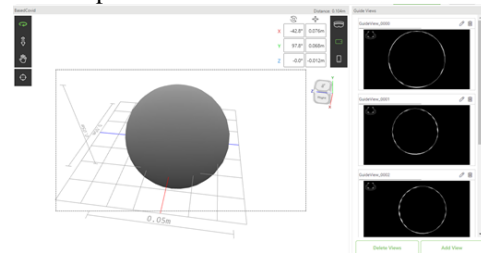
Pelaksanaan praktikum dilakukan pada salah satu ruang laboratorium yang terdapat pada SMA INS Kayu Tanam. Perwakilan guru dari INS Kayu Tanam sebagai peserta pengabdian, dibekali ilmu konsep serta praktik perancangan aplikasi AR berbasis model. Kegiatan pendampingan dalam pembuatan aplikasi AR dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kegiatan pendampingan praktik pembuatan aplikasi AR

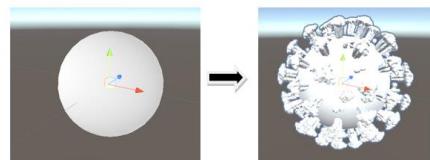
Kegiatan berlangsung dengan baik dikarenakan SMA INS Kayu Tanam sudah memiliki fasilitas laboratorium komputer sehingga pelaksanaan kegiatan dapat dilaksanakan sesuai dengan skema kegiatan yang sudah dijelaskan sebelumnya pada Gambar 1. Peserta kegiatan pengabdian didampingi secara langsung oleh tim pengabdian seperti yang terlihat pada gambar 3, sehingga setiap kendala yang dialami oleh peserta dapat diselesaikan langsung oleh tim pengabdian.

Perancangan aplikasi AR dimulai dengan pembuatan 3D model sederhana dengan menggunakan Blender3D. Sehubungan mayoritas peserta pengabdian belum familiar dengan *software* tersebut, maka model 3D yang digunakan adalah objek 3D berbentuk bola dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Objek 3D bola menggunakan aplikasi AR

Objek 3D bola tersebut kemudian dilatih dan dikenalkan kedalam *database* deteksi objek melalui *software* Vuforia Model Target Generator (MGT). Terlihat pada gambar 4 objek 3D bola dikenalkan kedalam *database* Vuforia. *Software* tersebut akan mengidentifikasi bentuk objek serta menyimpan kedalam *database* pola, sehingga apabila pola tersebut dikenali maka akan terjadi proyeksi terhadap objek 3D melalui kamera perangkat. Penyimpanan *database* pola terhadap objek 3D dapat dilihat pada Gambar 6.

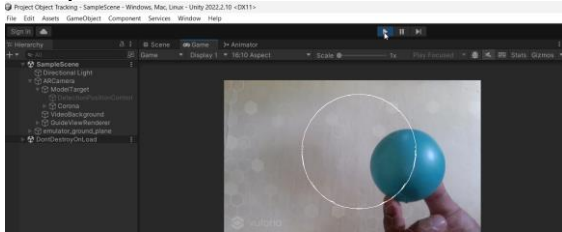


Gambar 6. Database Pola dikaitkan dengan objek virtual

Setelah *database* dari pola tersimpan, langkah berikutnya adalah melakukan pembuatan aplikasi AR dengan menggunakan *software* Unity 3D. Pada *software* tersebut *database* dari pola model 3D dan objek 3D virtual yang akan diproyeksikan dimasukkan kedalam *working space* dari *software* tersebut. Objek 3D bola yang dibuat sebelumnya diganti dengan objek berbentuk virus seperti yang terlihat pada Gambar 6.

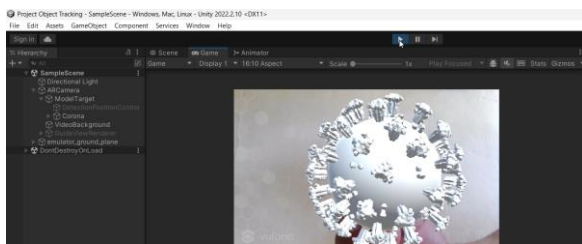
Secara teknis ketika objek berbentuk bola dipindai dengan menggunakan kamera maka secara otomatis *database* akan mengenali objek tersebut sebagai virus sehingga akan terjadi proyeksi virus kelayar

pengguna. Konfigurasi dilakukan agar model 3D dapat diproyeksikan dengan baik melalui layar dari perangkat. Pengaturan dari model serta objek *virtual* dilakukan dengan sebaik mungkin agar proyeksi dapat terjadi. Sebagai penuntun dalam mendeteksi objek digunakan sebuah *guideview* yang dihasilkan melalui tahapan pengenalan pada *software* MGT. Pengujian pada aplikasi AR dengan menggunakan objek dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Uji coba pada aplikasi AR

Setelah semua terkonfigurasi dengan baik, langkah berikutnya adalah melakukan uji coba terhadap aplikasi AR, terlihat pada Gambar 7. sebuah objek nyata (diwakilkan dengan sebuah bola) dan sebuah *guideview* yang berbentuk lingkaran tampil pada layar editor. Apabila bola diposisikan sesuai dengan *guideview*, maka proyeksi objek *virtual* akan tampil seperti Gambar 8.



Gambar 7. Hasil proyeksi dari AR

Objek bola yang berada pada posisi sejajar dengan *guideview* seperti pada Gambar 8, menyebabkan timbulnya proyeksi virus secara *realtime* kedalam layar. Pada tahap ini pengguna dapat melakukan interaksi dasar seperti mengubah posisi atau memutar objek tersebut dengan mengubah atau memutar bola tersebut.

Proyeksi yang tampil mampu mengikuti objek nyata, sehingga dengan menggunakan aplikasi AR tersebut dapat memperluas sudut pandang terhadap suatu objek. Konsep ini dapat diaplikasikan kepada berbagai objek sehingga sangat membantu dalam proses pembelajaran.

Berdasarkan kegiatan yang berlangsung terdapat beberapa pertanyaan yang diajukan oleh peserta kepada tim dapat disajikan pada Tabel 1

Tabel 1. Pertanyaan dari peserta Pengabdian

NO	Pertanyaan
1	Apakah program ini bisa dikerjakan oleh orang bukan dari bidang ilmu berbasis komputer?
2	Bagaimana cara membuat 3D sistem organ tubuh manusia, apakah bisa dbuatkan AR ?
3	Apakah harus menggunakan komputer / laptop dengan spesifikasi tinggi
4	Bagaimana cara memasukkan aplikasi yang telah dibuat kedalam handphone (<i>smartphone</i>)

Pada Tabel 1. merupakan pertanyaan-pertanyaan dari peserta pengabdian. Berdasarkan pertanyaan tersebut, tim menjelaskan dengan baik kepada peserta sehingga para peserta mendapatkan informasi yang baik terhadap kegiatan pengabdian yang dilaksanakan. Selain itu tim juga menerima masukan dari peserta pengabdian yang dapat disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Masukan dari peserta Pengabdian

NO	Masukan
1	Sebaiknya diberikan pelatihan dalam waktu berkala agar konsep ini dapat diserap dengan lebih baik.
2	Perlu dibuatkan video tutorial atau modul untuk membantu peserta mengulang dan mempelajari secara mandiri.

Pada Tabel 2. merupakan masukan dari peserta pengabdian Berdasarkan masukan tersebut, tim melakukan evaluasi bersama untuk dapat memberikan dan dampak yang lebih baik pada kegiatan pengabdian yang akan datang agar tujuan dari penyebar luasan ilmu kepada masyarakat dapat tercapai dengan baik.

4. Kesimpulan

Tim pengabdian melakukan kegiatan pengabdian kepada masyarakat dengan mengenalkan teknologi Augmented Reality (AR) berbasis Mode generate dalam kegiatan belajar dan mengajar. Teknologi AR tersebut mampu memperkaya materi pembelajaran dengan menampilkan objek virtual secara interaktif dalam lingkungan fisik yang sebenarnya. Dalam kegiatan pengabdian tersebut, tim pengabdian memberikan demonstrasi dan pelatihan penggunaan teknologi AR kepada para guru dan siswa-siswi SMA di INS Kayu Tanam. Hasilnya, teknologi AR tersebut memperlihatkan potensi dalam meningkatkan partisipasi siswa-siswi SMA dalam kegiatan belajar dan mengajar. Teknologi AR memperlihatkan materi pembelajaran secara visual yang dapat meningkatkan minat siswa untuk belajar. Selain itu, teknologi AR juga memudahkan para guru dalam menjelaskan

materi pembelajaran secara lebih efektif dan menyenangkan. Kegiatan pengabdian tersebut berhasil memperlihatkan potensi positif dari penerapan teknologi AR dalam kegiatan belajar dan mengajar. Diharapkan, dengan adanya pengenalan teknologi AR ini, dapat meningkatkan kualitas pendidikan dan partisipasi siswa-siswi SMA pada kegiatan belajar dan mengajar di INS Kayu Tanam serta daerah sekitarnya.

Ucapan Terimakasih

Kami, tim Pengabdian kepada Masyarakat, ingin mengucapkan terima kasih yang tulus dan mendalam atas kerjasama, dukungan, dan kesempatan yang telah diberikan kepada kami. Selama periode pengabdian kami di SMA INS Kayu Tanam, kami telah merasakan kehangatan, keramahan, dan semangat kolaborasi yang luar biasa dari seluruh komunitas sekolah ini. Kepada Bapak/Ibu Kepala Sekolah, terima kasih atas kesempatan yang diberikan kepada kami untuk melaksanakan proyek pengabdian kepada masyarakat di sekolah ini. Kami mengapresiasi kebijaksanaan dan dukungan Bapak/Ibu dalam memfasilitasi upaya kami untuk memberikan manfaat kepada siswa dan sekolah. Kepada para guru, terima kasih atas dedikasi dan pengabdian yang telah Bapak/Ibu tunjukkan kepada siswa-siswa SMA INS Kayu Tanam. Melalui proyek pengabdian ini, kami berharap kami telah dapat memberikan kontribusi positif bagi SMA INS Kayu Tanam dan masyarakat sekitarnya. Kami berharap kerjasama kita dapat terus berlanjut dan tumbuh dalam upaya memberikan manfaat yang lebih besar lagi bagi pendidikan dan masyarakat.

Daftar Rujukan

- [1] Permana, R., Mandala, E. P. W., Putri, D. E., & Yanto, M. (2022). Penerapan Teknologi Augmented Reality dan Virtual Reality dalam Peningkatan Pembelajaran Siswa Sekolah Dasar. *Majalah Ilmiah UPI YPTK*, 7-12. <https://doi.org/10.35134/jmi.v29i1.90>.
- [2] Vertucci, R., D'Onofrio, S., Ricciardi, S., & De Nino, M. (2023). History of Augmented Reality. In *Springer Handbook of Augmented Reality* (pp. 35-50). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-67822-7_2.
- [3] Jayawardena, N. S., Thaichon, P., Quach, S., Razzaq, A., & Behl, A. (2023). The persuasion effects of virtual reality (VR) and augmented reality (AR) video advertisements: A conceptual review. *Journal of Business Research*, 160, 113739. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.113739>.
- [4] Voinea, G. D., Gîrbacia, F., Duguleană, M., Boboc, R. G., & Gheorghe, C. (2023). Mapping the Emergent Trends in Industrial Augmented Reality. *Electronics*, 12(7), 1719. <https://doi.org/10.3390/electronics12071719>.
- [5] Eswaran, M., Gulivindala, A. K., Inkulu, A. K., & Raju Bahubalendruni, M. V. A. (2023). Augmented reality-based guidance in product assembly and maintenance/repair perspective:: A state of the art review on challenges and opportunities. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118983>.
- [6] Loachamín-Valencia, M., Mejía-Guerrero, J., Villavicencio Álvarez, V. E., Cárdenas-Delgado, S., & Paredes Calderón, D. M. (2022, November). A Virtual Shooting Range, Experimental Study for Military Training. In *International Conference on Applied Technologies* (pp. 412-425). Cham: Springer Nature Switzerland.
- [7] Lex, J. R., Koucheiki, R., Toor, J., & Backstein, D. J. (2023). Clinical applications of augmented reality in orthopaedic surgery: A comprehensive narrative review. *International Orthopaedics*, 47(2), 375-391. <https://doi.org/10.1007/s00264-022-05507-w>.
- [8] Fitria, T. N. (2023). Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) Technology in Education: Media of Teaching and Learning: A Review. *International Journal of Computer and Information System (IJCIS)*, 4(1), 14-25. [Online]. Available: <http://www.ijcis.net/index.php/ijcis/article/view/102/98>.
- [9] Petrovych, O., Zavalniuk, I., Bohatko, V., Poliarush, N., & Petrovych, S. (2023). Motivational Readiness of Future Teachers-Philologists to Use the Gamification with Elements of Augmented Reality in Education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (Online)*, 18(3), 4. <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i03.36017>.
- [10] Maraza-Quispe, B., Alejandro-Oviedo, O. M., Llanos-Talavera, K. S., Choquehuanca-Quispe, W., Choquehuayta-Palomino, S. A., & Cayturo-Silva, N. (2023). Towards the Development of Emotions through the Use of Augmented Reality for the Improvement of Teaching-Learning Processes. *International Journal of Information and Education Technology*, 13(1), 56-63. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2023.13.1.1780>.
- [11] Özeren, S., & Top, E. (2023). The effects of Augmented Reality applications on the academic achievement and motivation of secondary school students. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 11(1), 25-40. <https://doi.org/10.52380/mojet.2023.11.1.425>.

- [12] Villagran-Vizcarra, D. C., Luviano-Cruz, D., Pérez-Domínguez, L. A., Méndez-González, L. C., & Garcia-Luna, F. (2023). Applications Analyses, Challenges and Development of Augmented Reality in Education, Industry, Marketing, Medicine, and Entertainment. *Applied Sciences*, 13(5), 2766. <https://doi.org/10.3390/app13052766>.
- [13] Cao, J., Lam, K. Y., Lee, L. H., Liu, X., Hui, P., & Su, X. (2023). Mobile augmented reality: User interfaces, frameworks, and intelligence. *ACM Computing Surveys*, 55(9), 1-36. <https://doi.org/10.1145/3557999>.
- [14] Schmidthaler, E., Hörmann, C., Andjic, B., Rottenhofer, M., Sabitzer, B., & Lavicza, Z. (2023, March). Employment of mobile augmented reality in biological education: a comparison of perceptions regarding Austrian secondary school teachers and students. In *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 1776-1784). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). [Online]. Available: <https://www.learntechlib.org/p/222050>.
- [15] Ferrão, J., Dias, P., Santos, B. S., & Oliveira, M. (2023). Environment-Aware Rendering and Interaction in Web-Based Augmented Reality. *Journal of Imaging*, 9(3), 63. <https://doi.org/10.3390/jimaging9030063>.
- [16] De Backer, P., Van Praet, C., Simoens, J., Lores, M. P., Creemers, H., Mestdagh, K., ... & Mottrie, A. (2023). Improving Augmented Reality Through Deep Learning: Real-time Instrument Delineation in Robotic Renal Surgery. *European Urology*, 84(1), 86-91. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2023.02.024>.
- [17] Hlayel, M., & Jawad, M. S. (2023). Leverage Digital Transformation in Distance Learning for Maximum Students' Engagement by Utilization of the Integrated Technologies of Digital Twin, Extended Realities and Gamification. *International Journal of Computing Sciences Research*, 7, 1594-1620. 2022, <https://doi.org/10.25147/ijcsr.2017.001.1.119>.
- [18] Jiang, Y., Li, M., Wu, W., Wu, X., Zhang, X., Huang, X., ... & Huang, G. G. (2023). Multi-domain ubiquitous digital twin model for information management of complex infrastructure systems. *Advanced Engineering Informatics*, 56, 101951. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2023.101951>.