

**RANCANG BANGUN VIRTUAL LABORATORIUM MONOPULSE
SECONDARY SURVEILLANCE RADAR BERBASIS AUGMENTED REALITY**

Dian Anggraini Purwaningtyas^{(1)*}, Johan Wahyudi⁽²⁾, Feti Fatonah⁽³⁾, Muh Wildan⁽⁴⁾, Irvan Hanafi⁽⁵⁾, Iga Ayu Mas Oka⁽⁶⁾

^{1,2,3,4,5}Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, ⁶Politeknik Penerbangan Palembang
e-mail: ¹diananggraini@ppicurug.ac.id, ²Johan.wahyudi@ppicurug.ac.id,
³feti.fatonah@ppicurug.ac.id, ⁴muh.wildan@ppicurug.ac.id, ⁵hanafiirvan123@gmail.com, ⁶ig_ayumasoka@poltekbangplg.ac.id

Received :
13 April 2023

Revised :
15 Mei 2023

Accepted :
17 Mei 2023

Abstrak: Monopulse Secondary Surveillance Radar (MSSR) merupakan peralatan penting dalam pemantauan lalu lintas penerbangan, kompleksnya peralatan radar serta ketersediaan peralatan radar untuk praktikum membuat siswa dan peserta diklat kurang maksimal dalam pembelajaran radar baik teori dan praktek. Perkembangan teknologi dan pemanfaatan untuk pendidikan yang semakin meningkat menadi peluang untuk dilakukan pemutakhiran pembelajaran. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat rancangan virtual laboratorium radar berbasis augmented reality dalam pembelajaran radar dengan augmented reality dengan membuat prototype MSSR, metode untuk pembuatan dengan menggunakan metode prototype dengan pendekatan framework dari Sistem Development Life Cycle, selanjutnya untuk pengujian dengan menggunakan blackbox testing, menguji fungsi dari prototype dan hasil yang didapatkan fungsi dari prototype sudah sesuai dengan dokumen kebutuhan yang dipersyaratkan dalam penyelenggaraan pendidikan radar.

Kata Kunci: MSSR, Augmented Reality, Virtual Laboratorium, Radar Training

Abstract: *Monopulse Secondary Surveillance Radar (MSSR) is an important tool in monitoring air traffic, the complexity of radar equipment and the availability of radar equipment for practicum makes students and training participants less than optimal in learning radar, both theory and practice. Technological developments and increasing utilization of education are opportunities for updating learning. The purpose of this study is to find out the needs in learning radar with augmented reality by making MSSR prototypes, methods for manufacturing using the prototype method with the framework approach of the System Development Life Cycle, then for*

testing using black box testing, testing the function of the prototype and the results obtained. it is found that the function of the prototype is in accordance with the requirements document required in the implementation of radar education.

Keyword: *MSSR, Augmented Reality, Virtual Laboratory, Radar Training*

Pendahuluan

Peran teknologi pada pendidikan vokasi penerbangan membuat pendidikan lebih fleksibel, personalisasi dan adaptif serta penerapan model gamifikasi meningkatkan motivasi belajar dari siswa (Combs & Meskó, 2015). Teknologi informasi memegang peranan penting, style belajar dan keleluasaan memilih dan mengulang materi dapat digunakan oleh siswa (Bajaj & Sharma, 2018), menurut Kaurafah et.al kekurangan pada pemahaman kognitif pada profesional penerbangan menyumbang kecelakaan tertinggi pada penerbangan (Kharoufah et al., 2018) dan kognitif pada taxonomy bloom memiliki tahapan di tingkat yang menengah (Pintrich, 2002), pentingnya penguasaan materi yang dasar didukung juga dari study yang telah dilakukan oleh purwaningtyas et.al, bahwa pada pembelajaran monopulse secondary surveillance radar (MSSR) untuk siswa yang dasar memiliki tingkat kesulitan pada penguasaan teori (Learning, 2014). MSSR memiliki peran penting pada operasi penerbangan, sebagai sensor untuk memantau pergerakan pesawat baik ketinggian, posisi dan identifikasi dan dari data radar akan digunakan oleh air traffic controller untuk memandu pergerakan pesawat agar selamat dan efisien (Hafidi et al., 2018), namun pembelajaran radar yang mahal untuk investasinya dan berdasarkan survey kepada pengajar radar menyampaikan bahwa pembelajaran kurang efisien karena dilakukan berulang agar siswa

dapat memahami konsep radar dan ketersediaan mock up yang terbatas kurang maksimal untuk pembelajaran 1 kelas dan mock up merupakan peralatan utama dalam pembelajaran bidang penerbangan (Kearns, 2010). Penerapan teknologi pada pendidikan diantaranya adalah Massive Open Online Course (MOOC), Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR), Internet of Things (IOT), Teaching Factory dan beberapa metode lain, pemanfaatan AR, VR maupun Mixed Reality memberikan pengalaman kepada siswa dan siswa lebih engage, meningkatkan motivasi pembelajar karena mirip dengan situasi sebenarnya (Bryan et al., 2018), pembelajaran MSSR merupakan pembelajaran yang kompleks, selain harus memahami secara kognitif pembelajaran ini juga membutuhkan kemampuan ketrampilan untuk pengoperasian peralatan yang baik, dari beberapa penelitian AR dapat menurunkan beban kognitif (Akçayır & Akçayır, 2017), pada sektor penerbangan, penggunaan mock up dengan memanfaatkan AR telah banyak ditemukan untuk industri (Rios et al., 2013) namun pada pembelajaran terutama pada radar masih jarang yang mengembangkan dan menguji apakah menurunkan kompleksitas kognitif pada pembelajaran radar, namun pemanfaatan AR untuk laboratorium diantaranya memiliki manfaat untuk menggantikan guru

Sehingga dapat belajar mandiri (Södervik et al., 2021), mengurangi

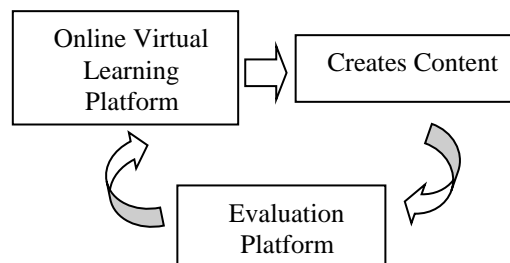
biaya traditional laboratorium yang membutuhkan dana (Rambli et al., 2007), pemanfaatan teknologi pada pembelajaran juga meningkatkan kemauan dan attitude nya dalam menggunakan teknologi (Wyss et al., 2022), pada penelitian ini kita akan mendiskusikan teknologi AR yang dapat diimplementasikan untuk pembelajaran radar, membuat prototype untuk menjelaskan apakah sistem bekerja dengan baik.

Untuk mengetahui komponen apa saja untuk mengembangkan Augmented reality pada pembelajaran radar dan bagaimana dampak dari pembelajaran radar dengan AR terhadap kemampuan kognitif siswa.

1.1 Virtual Laboratorium

Menurut Bagosyan Eksperimen bagian penting pada pembelajaran pada bidang teknik dan scientific, traditional laboratorium hands – on memberikan kesempatan pada siswa untuk belajar dengan menggunakan sistem yang real walaupun membutuhkan biaya yang besar, maintenance yang baik serta type dari laboratorium yang menyesuaikan dengan alat yang dipelajari (Gomes & Bogosyan, 2009), virtual dan remote lab (VRL) tidak hanya mengurangi biaya namun memiliki manfaat diantaranya availability, dapat diakses dari mana saja dan kapan saja, accessbility, dapat diakses dengan tipe siswa apa saja, observability, dapat dilihat oleh orang yang lebih banyak dan di rekam, safety, VRL menjadi alternative dari hands-on lab untuk eksperimen yang beresiko atau berbahaya(Potkonjak et al., 2016). Pemanfaatan AR untuk virtual lab diantaranya Mobile Augmented Reality (MAR) yang dapat memberikan visualisasi dan terintegrasi dengan konsep pembelajaran laboratorium(Celik et al., 2020),

Teknologi AR meningkatkan pengetahuan scientific dan dapat interactive experience sehingga meningkatkan engagement dan achievement pada science laboratories (Chang & Yu, 2018). Beberapa faktor dalam menrapkan AR untuk laboratorium, menurut ahmed, diawali dengan platform nya untuk support instructor, dengan Online virtual learning platform (OVLP) membuat user experience dan pemilihan tools yang interactive dngan OVLP, kemudian membuat konten pada OVLP dan dilanjutkan dengan evaluasi (Ahmed & Hasegawa, 2021)



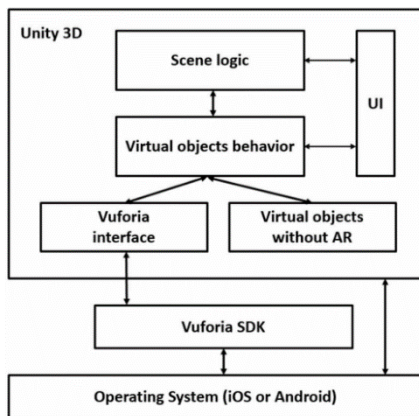
Gambar 1. Virtual Laboratory Component

2.2 Augmented Reality

Technology-assisted education mengedepankan naturalitas dari operasi, voice recognition, gesture interaction, pemanfaatan immersive technology AR memberikan learning experience dan siswa mendapatkan penguatan immersive awareness dengan lingkungan sekitarnya(Chang & Yu, 2018). Pengembangan aplikasi dengan Unity 3D IDE, Vuforia SDK, Unity 3D mnerupakan platform game engine untuk membuat games pada windows, MaxOS dan Linux atau mobile games untuk iOS dan Android, yang diperhatikan pada development ini adalah bentuk 3D scenes, karena akan memberikan visualisasi pada siswa

untuk mengetahui konsep dan materi yang kompleks, dan arsitektur untuk Laboratorium berbasis AR seperti pada gambar 2 (Daineko et al., 2017), pada laboratorium pendidikan bidang penerbangan memperhatikan Design Model, karakteristik dari konteks, konten, asesment dan pedagogy (Tsutsui et al., 2020). Konsep arsitektur pengembangan augmented reality untuk laboratorium:

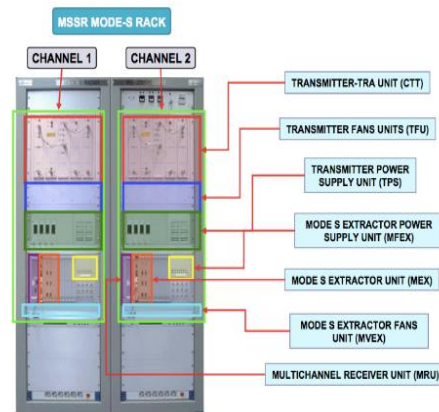
Gambar 2. Arsitektur ARBiolab app (Daineko et al., 2017)



2.3 Monopulse Secondary Surveillance Radar

Berdasarkan International Civil Aviation Organization (ICAO) pada annex 10 Radar merupakan peralatan pengamatan lalu lintas penerbangan, untuk penerbangan sipil menggunakan transponder untuk pemantauan dan peralatan radar generasi sekunder (Islam et al., 2018), kompleksitas dari peralatan radar merupakan kesulitan utama dari siswa undergraduate yang mempelajari radar, 85% kesulitan untuk mempelajari teori, interkoneksi antar modul bentuk sinyal dan troubleshooting pada radar (Purwaningtyas et al., 2022). Radar memiliki komponen transmitter unit (CTT), Transmitter fans unit (TFU), transmitter power supply (TPS), mode s

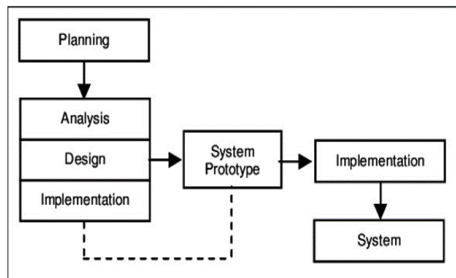
extractor power supply unit (MFEX), mode s extractor unit (MEX) dan multichannel receiver unit (MRU), mode S extractor fans unit (MVEX) sebagaimana pada gambar 3, komponen tersebut dari peralatan radar indra yang populasi nya besar di indonesia pada periode ini.



Gambar 3. SSR mode S

Sinyal utama pada radar adalah interogator yang memancarkan gelombang pada 1030 MHz dan reply signal pada frekuensi 1090 MHz, pentingnya peralatan surveillance untuk operasi penerbangan dan merujuk pada Civil Aviation Safety Regulation (CASR part 69) bahwa setiap personil yang melakukan pemeliharaan harus menguasai peralatan dan dibuktikan dengan kepemilikan sertifikat kompetensi (Dan et al., 2017), ujian untuk mendapatkan sertifikat kecakapan terdiri dari pengujian teori dan praktek.

Pengembangan pembelajaran radar berbasis AR ini dengan menggunakan metode prototyping, yang terdiri dari Planning, Analysis, Design, Implementation dan implementation pada system, pada gambar 4.



Gambar 4. Prototyping Method

Hasil Pembahasan

Penelitian ini untuk mendapatkan feature/ komponen yang diperlukan dalam pembuatan AR untuk pembelajaran radar, berdasarkan tahapan pada metode prototyping, maka tahapan adalah sebagai berikut:

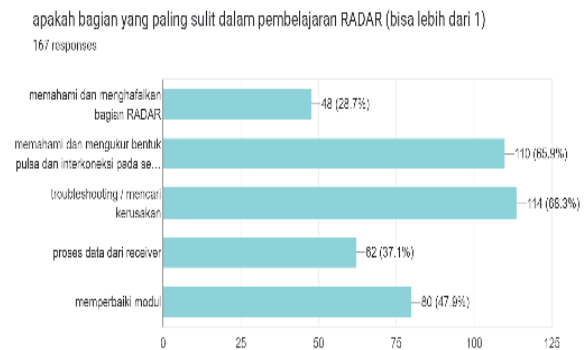
4.1 Planning

Pada tahapan planning dengan mmebuat perencanaan untuk mmbuat prototype pembelajaran, pada tahap ini dengan melakukan tahapan penelitian sebagaimana pada tabel 1:

Tabel 1. Tahapan Metode Prototyping 1

No	Tahapan	Kegiatan
1	Planning	Melaksanakan identifikasi dan survey kebutuhan user
2	Analysis	Menentukan pengguna aplikasi, dan pemanfaatan untuk Taruna
3	Design	Menentukan bentuk immersive teknologi yang tepat, penentuan hardware, arsitektur, interface yang digunakan, program, database yang digunakan
4	Implementation	Testing, penyampaian dan pengujian system

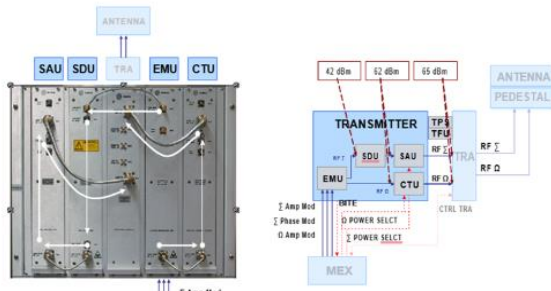
Dalam mengidentifikasi kebutuhan user, dengan melakukan wawancara dan observasi, survei dilaksanakan di 4 sekolah penerbangan dengan 120 responden yang mempelajari radar. Adapun hasil survei sebagai berikut:



Gambar 4. Hasil Responden pembelajaran radar

Berdasarkan survei sebagaimana pada gambar 4, siswa menyampaikan kesulitasn nya adalah mencari kerusakan / troubleshooting, maka selanjutnya adalah membuat user requirement untuk membuat langkah langkah pada radar. Virtual laboratorium terdiri dari 3 komponen utama

1. Platform
2. Konteks
3. Evaluasi

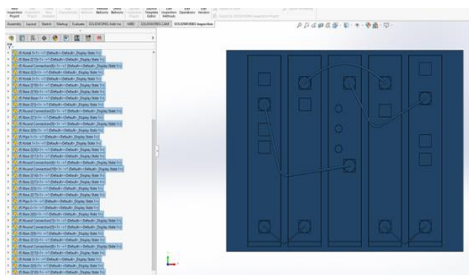


Gambar 5. Komponen Transmitter Radar

Pada gambar 5 diatas merupakan bagian peralatan yang akan didesain dengan AR, gambar tersebut dipilih berdasarkan survey yang dilakukan kepada user.

4.2 Design

Pada tahapan design membuat bagaimana alur pembelajaran pada radar, dari pretest, materi yang diajarkan, quiz, resume materi dan test. Perancangan media AR diawali dengan pembuatan obyek virtual dengan perangkat lunak adalah 10x64bit sebagai sistem operasi, kemudian Vuforia Android SDK 3.0.9 sebagai perangkat lunak membangun aplikasi, selanjutnya adalah sistem operasi android versi Marshmellow 6.0 sebagai perangkat yang minimal akan dipasangkan dengan aplikasi selanjutnya adalah untuk 3D nya dengan Solodwork dan 3D blender untuk membuat obyek 3D dan Unity 3D sebagai perangkat lunak untuk membangun sistem.



Gambar 6: making 3D for Radar transmitter with Solidwork.

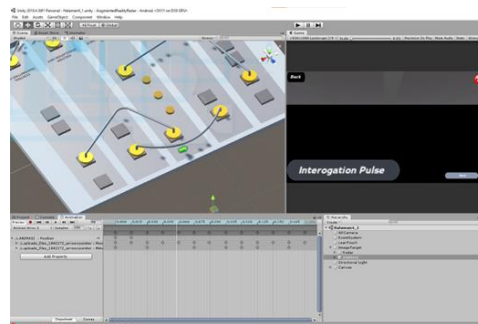
Diawali dengan membuat desain 3D terlebih dahulu dengan solidwork sebagaimana gambar 5 yang merupakan gambar modul radar transmitter. Selanjutnya dengan ditambahkan ke 3D blender agar dapat berfungsi dengan baik saat dipasangkan ke game engine.



Gambar 7: Setting transmitter 3D pada blender.

Pada gambar 7 merupakan setting hasil gambar 3D yang telah dibuat dari solidwork, selanjutnya di setting pada 3D blender agar dapat digunakan pada aplikasi Unity 3D.

Tahapan selanjutnya adalah pembuatan aplikasi Augmented Reality, pada tahapan ini adalah untuk membawa obyek dari 3D blender agar dapat di berikan perintah dan sesuai dengan kebutuhan dengan Unity 3D,



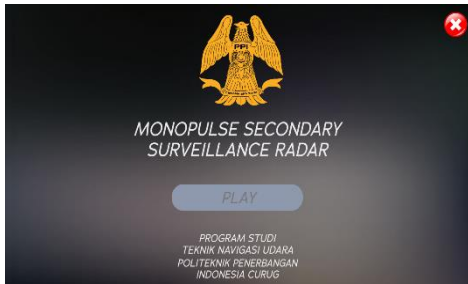
Gambar 8.: Setting layout virtual radar on Unity 3D.

Setelah di setting pada Unity 3D, kemudian melakukan setting pada scene

Rancang Bangun Virtual Laboratorium *Monopulse Secondary Surveillance Radar* Berbasis *Augmented Reality*

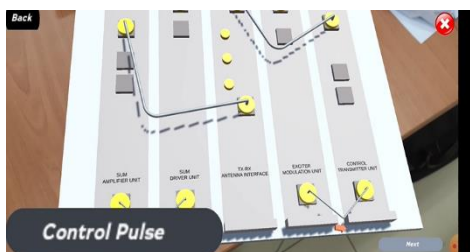
selanjutnya menyimpan file dengan nama *file.apk*.

Pada tahapan selanjutnya adalah membuat rancangan untuk User Interface (UI), untuk membuat UI diawali dengan membuat wireframe terlebih dahulu, dan tampilannya adalah sebagaimana pada gambar 9 berikut.



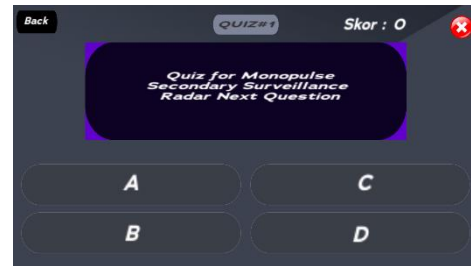
Gambar 9. Virtual Radar learning

Tampilan awal, dengan play button, selanjutnya berdasarkan capaian pembelajaran membuat materi dan quiz, berikut tampilan yang diberikan.



Gambar 10. Gambar Alur Sinyal dengan Visualisasi Augmented Reality

Gambar 10 merupakan alur dari control pulse, dengan visualisasi alur pulsa akan memudahkan siswa untuk memahami signal pada radar. Selanjutnya untuk review dari kemampuan siswa dengan membuat quiz



Gambar 11. Tampilan Quiz

Pada gambar 12 adalah marker untuk scan agar aplikasi dapat bekerja, aplikasi AR dengan menggunakan marker, tahap selanjutnya adalah melakukan pengujian, pada tahap ini dengan menggunakan blackbox testing, dikarenakan masa pandemi covid-19 diberlakukan pembatasan kegiatan masyarakat, sehingga belum dapat diujikan kepada siswa.



Gambar 12. Marker untuk menjalankan program

Pemakaian program ini, siswa melakukan instalasi pada Handphone atau gadget yang memiliki Operating System Android, kemudian apabila aplikasi telah terinstall maka selanjutnya dapat menjalankan program dengan scan marker pada gambar 12. Selanjutnya untuk mengetahui apakah fungsi dari aplikasi bekerja dengan baik, maka dilakukan pengujian, pengujian perangkat lunak dengan menggunakan blackbox testing, sebagaimana pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Pengujian Aplikasi Radar AR

No	Test Case	Expected Output	Actual Output
1	User Login	Main Menu Display Klik the Play Button	Main Menu display Play button display
2	List of function Materi pembelajaran	Tampilkan skema dari peralatan radar	Tampilan dari skema muncul
	Control Pulse transmitter	Tampilkan control pulse transmitter radar	Control pulse tampil pada transmitter radar dengan gambar 3D
3	Quiz and exercise	Tampilkan menu quiz	Menu quiz muncul
	Isian jawaban dari quiz dari answer button	Answer buttons enable	Answer button dapat diisi dan sesuai

Dari permasalahan tentang pembelajaran Radar pada aspek kognitif serta ketersediaan dari laboratorium, kemudian pemanfaatan Augmented Reality sebagai alternatif untuk mengenalkan peralatan kepada siswa, maka dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pada desain virtual laboratorium dapat digunakan dan lebih fleksibel, feature feature dapat dipenuhi untuk pembelajaran, kemudian untuk pengujian dan user testing yang belum di laksanakan dapat digunakan sebagai penelitian lanjutan.

Daftar Pustaka

- Ahmed, M. E., & Hasegawa, S. (2021). Development of online virtual laboratory platform for supporting real laboratory experiments in multi domains. *Education Sciences*, *11*(9). <https://doi.org/10.3390/educsci11090548>
- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, *20*, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Bajaj, R., & Sharma, V. (2018). Smart Education with artificial intelligence based determination of learning styles. *Procedia Computer Science*, *132*, 834–842. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.095>
- Bryan, S. J., Campbell, A., & Mangina, E. (2018). Scenic Spheres-An AR/VR Educational Game. *2018 IEEE Games, Entertainment, Media Conference, GEM 2018*, 367–374. <https://doi.org/10.1109/GEM.2018.8516456>
- Celik, C., Guven, G., & Cakir, N. K. (2020). Integration of mobile augmented reality (Mar) applications into biology laboratory: Anatomic structure of the heart. *Research in Learning Technology*, *28*(1063519), 1–11. <https://doi.org/10.25304/rlt.v28.2355>
- Chang, R. C., & Yu, Z. S. (2018). Using augmented reality technologies to enhance students' engagement and achievement in science laboratories. *International Journal of Distance Education Technologies*, *16*(4), 54–72. <https://doi.org/10.4018/IJDET.2018100104>

- Combs, C. D., & Meskó, B. (2015). Disruptive Technologies Affecting Education and Their Implications for Curricular Redesign. In *The Transformation of Academic Health Centers: Meeting the Challenges of Healthcare's Changing Landscape*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800762-4.00007-4>
- Daineko, Y., Dmitriyev, V., & Ipalakova, M. (2017). Using virtual laboratories in teaching natural sciences: An example of physics courses in university. *Computer Applications in Engineering Education*, 25(1), 39–47. <https://doi.org/10.1002/cae.21777>
- Dan, P., Personel, K., & Lalu, P. (2017). *tentang Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 143 (Civil Aviation Safety Regulation Part 143) tentang Penyelenggara Pendidikan dan Pelatihan Bidang Navigasi. 01.*
- Gomes, L., & Bogosyan, S. (2009). Current trends in remote laboratories. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 56(12), 4744–4756. <https://doi.org/10.1109/TIE.2009.2033293>
- Hafidi, M., Benaddy, M., & Krit, S. D. (2018). Review of optimization and automation of air traffic control systems. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3234698.3234708>
- Islam, H. D. B., Harjono, R. D. S., Oka, I. G. A. A. M., & Dymiati. (2018). *Rancangan Receiver Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) Menggunakan RTL-SDR R820T2 Guna Meningkatkan Pelayanan Navigasi Penerbangan di Bandar Udara Internasional Lombok.* 2(2), 35–42.
- Kearns, S. K. (2010). *E-Learning in Aviation.*
- Kharoufah, H., Murray, J., Baxter, G., & Wild, G. (2018). A review of human factors causations in commercial air transport accidents and incidents: From to 2000–2016. *Progress in Aerospace Sciences*, 99(November 2017), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2018.03.002>
- Learning, P. B. (2014). *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia. Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 3(1), 95–101.
- Pintrich, P. R. (2002). The Role of Metacognitive Knowledge in Learning, Teaching, and Assessing, Theory into Practice. *American Journal of Psychology*, 41(4), 219–225. <https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104>
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers and Education*, 95, 309–327. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002>
- Purwaningtyas, D. A., Prabowo, H., Napitupulu, T. A., & Purwandari, B. (2022). the Integration of Augmented Reality and Virtual Laboratory Based on the 5E Model and Vark Assessment: a Conceptual Framework. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(3), 449–460. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i3.36367>
- Rambli, D. R. A., Nayan, M. Y., & Sulaiman, S. (2007). A Portable Augmented Reality Lab. *Ist*

*International Malaysian
Educational Technology
Convention, 1*(January 2015), 176–
183.

- Rios, H., González, E., Rodriguez, C., Siller, H. R., & Contero, M. (2013). A mobile solution to enhance training and execution of troubleshooting techniques of the engine air bleed system on boeing 737. *Procedia Computer Science*, 25, 161–170. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.11.020>
- Södervik, I., Katajavuori, N., Kapp, K., Laurén, P., Aejmelaeus, M., & Sivén, M. (2021). Fostering performance in hands-on laboratory work with the use of mobile augmented reality (Ar) glasses. *Education Sciences*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/educsci11120816>
- Tsutsui, W., Lopez-Parra, R. D., Coutinho, G. S., Mello, A. W., Sangid, M. D., & Moore, T. J. (2020). The implementation of virtual labs in aerospace structures education. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings, 2020-June*(August). <https://doi.org/10.18260/1-2--35339>
- Wyss, C., Degonda, A., Bühner, W., & Furrer, F. (2022). The Impact of Student Characteristics for Working with AR Technologies in Higher Education—Findings from an Exploratory Study with Microsoft HoloLens. *Information (Switzerland)*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/info13030112>