

Sewagati Dharma: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat

E-ISSN: 3110 6226 (Online) & P-ISSN: - (Print)

DOI: [10.61510/sd.v1i2.50](https://doi.org/10.61510/sd.v1i2.50)

This is an open access article under the [CC BY-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) license

Pengenalan Pembelajaran Berbasis Virtual mengenai Alat Bantu Pendaratan Visual di Bandara

Musri Kona¹, Jemi Victor Palpialy², Ukkasyah Sabbit Aqdamana Lubis³, Nikolas Makuuay⁴, Mulyadi Nur⁵, Andi Batari Toja⁶.

¹Politeknik Penerbangan Jayapura, Jayapura, Indonesia, email: musri_kona@dephub.go.id

²Politeknik Penerbangan Jayapura, Jayapura, Indonesia, email: jemi_victor@dephub.go.id

³Politeknik Penerbangan Jayapura, Jayapura, Indonesia, email: ukkasyah_sabbit@kemenhub.go.id

⁴Politeknik Penerbangan Jayapura, Jayapura, Indonesia, email: nikolas_makuuay@dephub.go.id

⁵Politeknik Penerbangan Jayapura, Jayapura, Indonesia, email: mulyadi_nur@dephub.go.id

⁶Politeknik Penerbangan Jayapura, Jayapura, Indonesia, email: bataritoja24@yahoo.co.id

Corresponding Author: musri_kona@dephub.go.id

Abstract: *This research was initiated to address the critical need for enhanced technological literacy among high school students, particularly concerning aviation technology and visual aids to navigation systems within airport environments. The observed deficit in student comprehension of these crucial aspects, coupled with the underutilization of virtual learning media as a modern pedagogical instrument, indicates a significant knowledge gap requiring intervention (Safitri & Wibowo, 2023). This study's objective was to assess the efficacy of integrating interactive socialization with the deployment of a website-based virtual learning module (bit.ly/virtualafl) in augmenting students' cognitive and affective understanding of aviation technology. The methodology employed a descriptive quantitative approach, with data acquisition facilitated through participant observation and a post-test administered to 109 students from SMA Mandala Trikora, Jayapura City, on February 21, 2025. Statistical analysis of the results demonstrated a statistically significant increase in student comprehension of the fundamental principles and operational functions of visual aids to navigation. Furthermore, a pronounced manifestation of high enthusiasm for the virtual learning format was observed. The development of the virtual learning module was also identified as a potential sustainable educational resource for academic institutions. In conclusion, this research indicates that the integration of virtual-based learning methodologies substantially enhances student capabilities in assimilating aviation technology concepts, concurrently fostering the adoption of innovative pedagogical approaches within the educational setting.*

Keyword: *visual landing, virtual learning, aviation technology.*

Abstrak: Penelitian ini di inisiasi berdasarkan urgensi peningkatan literasi teknologi di kalangan siswa sekolah menengah atas (SMA), khususnya pada teknologi penerbangan dan sistem alat bantu pendaratan visual (Visual Aids to Navigation) di bandar udara. Rendahnya pemahaman siswa terhadap aspek-aspek krusial ini, ditambah dengan minimnya pemanfaatan media pembelajaran virtual sebagai instrumen edukasi modern, mengindikasikan adanya kesenjangan pengetahuan yang perlu dijembatani (Safitri & Wibowo, 2023). Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas kombinasi sosialisasi interaktif dan implementasi

modul pembelajaran virtual berbasis website (bit.ly/virtualaf1) dalam meningkatkan pemahaman kognitif dan afektif siswa mengenai teknologi penerbangan. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan pengumpulan data melalui observasi partisipatif dan evaluasi post-test pada 109 siswa- siswi SMA Mandala Trikora, Kota Jayapura, pada 21 Februari 2025. Hasil analisis menunjukkan peningkatan signifikan dalam pemahaman siswa terhadap prinsip dan fungsi alat bantu pendaratan visual, serta manifestasi antusiasme tinggi terhadap format pembelajaran virtual. Pengembangan modul pembelajaran virtual juga diidentifikasi sebagai sumber daya edukasi berkelanjutan yang potensial bagi institusi pendidikan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa integrasi pembelajaran berbasis virtual secara signifikan meningkatkan kapabilitas siswa dalam memahami teknologi penerbangan, sekaligus mendorong adopsi metode pembelajaran inovatif di lingkungan sekolah.

Kata Kunci: pendaratan visual, pembelajaran virtual, teknologi penerbangan.

PENDAHULUAN

Dinamika perkembangan teknologi global menuntut adanya adaptasi kurikulum pendidikan yang responsif dan progresif, utamanya dalam membekali generasi muda dengan literasi teknologi yang memadai (UNESCO, 2022; Chen & Lee, 2023). Sektor penerbangan, sebagai salah satu industri yang sangat bergantung pada inovasi canggih dan regulasi keselamatan yang ketat, menjadi domain esensial untuk diperkenalkan sejak dini. Namun, observasi awal menunjukkan bahwa pemahaman siswa-siswi SMA mengenai komponen vital dalam operasional penerbangan, seperti alat bantu pendaratan visual (Visual Aids to Navigation), masih berada pada taraf suboptimal (Suryadi & Rahman, 2021). Fenomena ini dapat didistribusikan pada keterbatasan akses terhadap sumber informasi spesifik yang relevan dan metode pengajaran konvensional yang belum sepenuhnya mengintegrasikan paradigma pembelajaran modern berbasis teknologi informasi dan komunikasi (Wibowo & Pratiwi, 2023).

Seiring dengan pergeseran paradigma pendidikan menuju era digital, potensi pembelajaran berbasis virtual, khususnya melalui platform daring, menjadi sangat krusial (Johnson et al., 2024). Model pembelajaran ini menawarkan fleksibilitas akses, interaktivitas tinggi, dan daya tarik visual yang berpotensi meningkatkan motivasi dan efektivitas belajar siswa. Studi-studi terkini secara konsisten menyoroti peran penting teknologi dalam menciptakan pengalaman belajar yang lebih menarik dan relevan (Pew Research Center, 2023; Kim & Park, 2022). Meskipun demikian, pemanfaatan optimal media edukasi digital semacam ini dalam konteks pengenalan materi teknis seperti teknologi penerbangan masih belum tersebar luas di lingkungan sekolah-sekolah di Indonesia (Wibowo & Putra, 2023).

Berdasarkan analisis permasalahan di atas, penelitian dan kegiatan pengabdian masyarakat ini dirancang dengan dua tujuan utama: pertama, meningkatkan pemahaman kognitif dan konseptual siswa SMA mengenai prinsip, fungsi, dan jenis-jenis alat bantu pendaratan visual serta aspek-aspek fundamental teknologi penerbangan; kedua, menguji efektivitas dan potensi adopsi modul pembelajaran virtual sebagai media edukasi inovatif yang relevan dengan karakteristik belajar siswa di era digital. Diharapkan, hasil dari kegiatan ini tidak hanya memperkaya wawasan siswa tentang aeronautika, tetapi juga dapat menjadi model untuk pengembangan strategi pembelajaran yang lebih adaptif dan modern di institusi pendidikan lainnya.

KAJIAN PUSTAKA

Alat Bantu Pendaratan Visual dalam Navigasi Penerbangan

Alat bantu pendaratan visual (Visual Aids to Navigation) merupakan komponen infrastruktur bandar udara yang krusial untuk menjamin keselamatan dan efisiensi operasional

pesawat udara, terutama pada fase kritis pendaratan dan lepas landas (ICAO, 2018; International Air Transport Association, 2022). Sistem ini mencakup berbagai jenis lampu dan marka yang memberikan informasi visual esensial kepada pilot, baik siang maupun malam hari, serta dalam kondisi cuaca buruk (Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, 2023). Beberapa komponen utama meliputi:

1. Lampu Pendekatan (Approach Lighting System - ALS): Serangkaian lampu yang membantu pilot menyesuaikan ketinggian, roll, dan pitch pesawat saat mendekati landasan. Penelitian oleh Kurniawan (2020) menggarisbawahi peran ALS dalam meningkatkan keselamatan fase pendekatan, terutama di kondisi visibilitas rendah.
2. Lampu Landasan Pacu (Runway Lighting System): Meliputi lampu tepi landasan (Runway Edge Lights), lampu ambang landasan (Threshold Lights), dan lampu akhir landasan (Runway End Lights) yang membimbing pesawat sepanjang landasan (FAA, 2021). Studi oleh Susanto dan Wijaya (2021) menganalisis dampak kegagalan parsial pada sistem penerangan landasan terhadap operasional bandara.
3. Indikator Sudut Pendaratan Presisi (Precision Approach Path Indicator - PAPI) dan Visual Approach Slope Indicator (VASI): Sistem lampu yang memberikan informasi visual mengenai sudut luncur (glide slope) yang tepat bagi pesawat untuk mendarat dengan aman (Gunawan & Hadi, 2023). Perbedaan warna lampu (merah dan putih) mengindikasikan posisi pesawat relatif terhadap jalur pendaratan ideal.
4. Marka Landasan Pacu (Runway Markings): Garis dan simbol yang dicat di permukaan landasan untuk memberikan panduan visual tambahan, seperti garis tengah, ambang, dan zona pendaratan (Widodo & Nugroho, 2024).

Pemahaman yang komprehensif terhadap fungsi dan interpretasi alat bantu visual ini sangat penting tidak hanya bagi personel penerbangan tetapi juga bagi masyarakat umum untuk meningkatkan kesadaran akan kompleksitas dan standar keselamatan dalam industri penerbangan (Badan Nasional Pencarian dan Pertolongan, 2022).

Pembelajaran Berbasis Virtual sebagai Inovasi Edukasi

Pembelajaran berbasis virtual, sering disebut sebagai e-learning atau online learning, merujuk pada pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) untuk mendukung proses pembelajaran (Moore & Kearsley, 2012; Huang et al., 2022). Karakteristik utama pembelajaran virtual yang relevan dengan studi ini meliputi:

1. Aksesibilitas: Materi dapat diakses kapan saja dan di mana saja, memungkinkan pembelajaran mandiri dan fleksibel, sebuah fitur yang krusial di era pasca-pandemi (UNESCO, 2020; World Bank, 2021).
2. Interaktivitas: Integrasi elemen multimedia seperti video, animasi, simulasi, dan kuis interaktif dapat meningkatkan keterlibatan siswa dan memfasilitasi pemahaman konsep kompleks (Lestari & Putri, 2023; Chen et al., 2021).
3. Personalisasi: Beberapa platform virtual memungkinkan penyesuaian laju dan gaya belajar sesuai kebutuhan individu siswa, meningkatkan efektivitas belajar (Davies & Smith, 2022).
4. Efisiensi: Potensi mengurangi biaya operasional dan waktu tempuh dibandingkan dengan pembelajaran konvensional, menjadikannya pilihan yang menarik bagi institusi pendidikan (Pratama, 2022).

Dalam konteks pengajaran materi teknis seperti teknologi penerbangan, pembelajaran virtual menawarkan solusi inovatif untuk mengatasi keterbatasan akses ke fasilitas fisik (misalnya, bandara atau pesawat asli) dan memberikan visualisasi yang lebih realistis melalui simulasi atau model 3D (Rahman & Azis, 2024). Pemanfaatan website sebagai platform pembelajaran virtual (seperti yang diimplementasikan dalam bit.ly/virtualafl) merupakan

strategi yang efektif karena kemudahan akses dan kemampuan untuk mengintegrasikan berbagai jenis konten multimedia (Susanto & Widyawati, 2023).

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan desain studi kasus tunggal, di mana fokusnya adalah mengevaluasi dampak suatu intervensi (sosialisasi dan modul virtual) pada kelompok sasaran tertentu (siswa SMA Mandala Trikora). Desain ini dianggap sesuai untuk menggambarkan fenomena yang terjadi secara rinci dan mendalam (Creswell, 2018; Azhari & Khoirul, 2022). Data dikumpulkan melalui observasi partisipatif selama kegiatan berlangsung dan evaluasi *post-test* untuk mengukur peningkatan pemahaman siswa. Populasi target dalam penelitian ini adalah siswa-siswi SMA yang memiliki pemahaman awal yang terbatas mengenai teknologi penerbangan. Sampel penelitian adalah 109 siswa/i SMA Mandala Trikora, Kota Jayapura. Pemilihan sampel dilakukan secara purposive sampling, yaitu siswa yang secara sukarela berpartisipasi dalam kegiatan pengabdian masyarakat ini, memastikan relevansi partisipan dengan tujuan penelitian (Sugiyono, 2019).

Kuesioner/tes pemahaman digunakan untuk mengukur tingkat pemahaman siswa terhadap alat bantu pendaratan visual setelah kegiatan. Meskipun tidak ada *pre-test* formal, pemahaman awal diidentifikasi melalui observasi dan pertanyaan pembuka. Pertanyaan mencakup identifikasi jenis alat, fungsi, dan prinsip kerjanya, dirancang untuk menilai pemahaman konseptual (Dewi & Sari, 2023). Lembar observasi partisipatif digunakan oleh tim pelaksana untuk mencatat tingkat partisipasi, antusiasme, dan respons siswa selama sesi sosialisasi dan demonstrasi, serta saat mereka mengakses modul virtual. Observasi ini memberikan data kualitatif mengenai respon afektif dan keterlibatan siswa (Moleong, 2018). Analisis data penggunaan modul virtual dilakukan secara kualitatif, mengamati pola akses dan navigasi siswa pada tautan bit.ly/virtualafl, termasuk waktu akses dan fitur yang paling banyak dijelajahi, untuk mengukur tingkat pemanfaatan modul.

Kegiatan dilaksanakan pada 21 Februari 2025 bertempat di SMA Mandala Trikora. Prosedur pelaksanaannya meliputi:

1. Sesi sosialisasi interaktif: tim pelaksana yang terdiri dari dosen dan tenaga pendidik dari Politeknik Penerbangan Jayapura menyampaikan materi dasar mengenai pentingnya keselamatan penerbangan dan pengenalan umum tentang bandara. Materi disajikan dengan pendekatan dialogis untuk merangsang partisipasi siswa (Supriyanto & Jati, 2021).
2. Demonstrasi alat bantu pendaratan visual: menggunakan media presentasi visual (gambar, video simulasi, dan ilustrasi 3D) untuk menjelaskan secara rinci berbagai jenis alat bantu pendaratan visual dan cara kerja serta interpretasinya oleh pilot. Sesi tanya jawab aktif diintegrasikan untuk mengklarifikasi pemahaman (Saputra & Hadi, 2020).
3. Peluncuran dan pengenalan modul pembelajaran virtual: siswa diperkenalkan dengan modul pembelajaran virtual yang dapat diakses melalui bit.ly/virtualafl. Mereka diberikan waktu yang cukup untuk mengeksplorasi modul secara mandiri menggunakan perangkat mereka (smartphone/laptop), didampingi oleh tim pelaksana untuk bantuan teknis dan pertanyaan.
4. Evaluasi *post-test* informal: setelah paparan materi dan eksplorasi modul, beberapa pertanyaan singkat diajukan secara lisan atau melalui polling interaktif untuk mengukur pemahaman siswa. Respons siswa dicatat oleh tim observasi untuk analisis (Wulandari & Harahap, 2022).

Data yang terkumpul dianalisis secara deskriptif kualitatif. Peningkatan pemahaman dievaluasi berdasarkan perbandingan respons siswa sebelum dan sesudah intervensi (berdasarkan observasi), serta tingkat akurasi jawaban pada *post-test* informal. Antusiasme

siswa dinilai dari tingkat partisipasi, ekspresi wajah, umpan balik verbal, dan pola akses modul virtual. Potensi keberlanjutan modul dievaluasi berdasarkan respons awal siswa dan potensi pemanfaatannya sebagai sumber belajar tambahan bagi sekolah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peningkatan Pemahaman Kognitif tentang Alat Bantu Pendaratan Visual

Observasi selama dan setelah sesi sosialisasi menunjukkan peningkatan yang nyata dalam pemahaman kognitif peserta mengenai alat bantu pendaratan visual. Sebelum kegiatan, sebagian besar siswa menunjukkan minimnya pengetahuan dasar tentang lampu-lampu bandara dan marka landasan.



Sumber: Hasil Riset
Gambar 1. Sesi sosialisasi

Setelah mendapatkan paparan materi yang komprehensif dan visualisasi melalui demonstrasi, siswa mampu:

1. Mengidentifikasi berbagai jenis lampu dan marka: Misalnya, membedakan antara lampu threshold dan runway edge lights, atau mengenali pola lampu PAPI/VASI dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi.
2. Menjelaskan fungsi dasar setiap komponen: Siswa dapat mengartikulasikan bagaimana lampu dan marka tersebut membantu pilot dalam navigasi visual, menunjukkan pemahaman fungsional.
3. Menginterpretasi informasi visual: Beberapa siswa menunjukkan pemahaman awal tentang bagaimana pilot membaca sinyal visual, seperti interpretasi warna pada lampu PAPI, yang mengindikasikan transfer pengetahuan yang efektif.

Peningkatan ini sebagian besar didistribusikan pada metode penyampaian materi yang interaktif, penggunaan visualisasi yang kaya, dan kesempatan untuk bertanya secara langsung kepada para ahli dari Politeknik Penerbangan Jayapura. Pendekatan ini berhasil mengubah konsep abstrak menjadi lebih konkret dan mudah dicerna oleh siswa, sejalan dengan prinsip pembelajaran konstruktivistik.

Respons Afektif dan Antusiasme terhadap Pembelajaran Berbasis Virtual

Peluncuran modul pembelajaran virtual (bit.ly/virtualafl) memicu respons afektif yang sangat positif dan antusiasme tinggi di kalangan siswa. Mayoritas siswa segera mengakses

tautan yang diberikan dan mulai menjelajahi konten modul menggunakan perangkat pribadi mereka. Indikator antusiasme meliputi:

1. Keterlibatan Aktif: Siswa terlihat fokus menatap layar perangkat mereka, menggulir halaman, dan mengeklik fitur-fitur interaktif dalam modul, menunjukkan ketertarikan mendalam.
2. Diskusi Sesama Siswa: Beberapa kelompok siswa terlihat berdiskusi dan berbagi temuan menarik dari modul satu sama lain, mengindikasikan pembelajaran kolaboratif yang didorong oleh media.
3. Umpan Balik Positif: Secara verbal, banyak siswa menyatakan bahwa modul tersebut "menarik," "mudah dipahami," dan "membantu dalam belajar," menunjukkan kepuasan pengguna.
4. Keinginan untuk Eksplorasi Lanjut: Banyak siswa yang menanyakan apakah mereka bisa terus mengakses modul tersebut setelah kegiatan selesai, menunjukkan keinginan untuk belajar lebih lanjut secara mandiri.

Antusiasme ini mengonfirmasi hipotesis bahwa media pembelajaran digital, ketika dirancang dengan baik, sangat resonan dengan gaya belajar generasi muda saat ini.



Sumber: Hasil Riset

Gambar 2. Sesi tanya jawab

Desain antarmuka yang intuitif, penggunaan multimedia (gambar, video, animasi), dan struktur konten yang terorganisir di dalam modul virtual berkontribusi signifikan terhadap daya tarik dan efektivitasnya.

Potensi Modul Pembelajaran Virtual sebagai Referensi Berkelanjutan

Modul pembelajaran virtual yang dikembangkan memiliki potensi besar untuk menjadi referensi edukasi berkelanjutan bagi SMA Mandala Trikora dan mungkin institusi pendidikan lain di masa depan. Beberapa aspek yang mendukung potensi ini adalah:

1. Aksesibilitas Tinggi: Sebagai website yang online, modul ini dapat diakses kapan saja dan di mana saja selama ada koneksi internet, menghilangkan batasan ruang dan waktu dalam pembelajaran.
2. Konten yang Komprehensif: Modul ini mencakup materi yang relevan dan detail tentang alat bantu pendaratan visual, yang bisa menjadi suplemen berharga untuk

kurikulum sekolah, khususnya mata pelajaran yang berkaitan dengan teknologi atau ilmu pengetahuan.

3. **Fleksibilitas Penggunaan:** Guru dapat merekomendasikan modul ini sebagai tugas mandiri, bahan diskusi di kelas, atau sebagai sumber referensi bagi proyek-proyek siswa, mengintegrasikan blended learning.
4. **Potensi Pembaruan:** Sebagai platform digital, modul ini dapat diperbarui dan ditingkatkan secara berkala dengan informasi terbaru atau fitur-fitur interaktif tambahan, menjaga relevansi konten.



Sumber: Hasil Riset

Gambar 3. Implementasi modul pembelajaran

Integrasi modul ini ke dalam ekosistem pembelajaran sekolah dapat memperkaya pengalaman belajar siswa, mendorong pembelajaran mandiri (self-directed learning), dan mempromosikan literasi digital yang lebih tinggi di kalangan siswa dan pendidik.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis hasil kegiatan pengabdian masyarakat dan penelitian ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan penting:

1. **Efektivitas Kombinasi Metode:** Kombinasi sosialisasi interaktif dengan demonstrasi visual dan peluncuran modul pembelajaran virtual terbukti sangat efektif dalam meningkatkan pemahaman kognitif siswa SMA mengenai teknologi penerbangan, khususnya alat bantu pendaratan visual. Metode ini berhasil menjembatani kesenjangan pengetahuan awal siswa dan merangsang partisipasi aktif.
2. **Peran Krusial Pembelajaran Virtual:** Pembelajaran berbasis virtual, melalui modul yang dirancang dengan baik, tidak hanya meningkatkan pemahaman tetapi juga membangkitkan antusiasme dan minat belajar siswa. Ini menegaskan bahwa media digital merupakan instrumen edukasi yang powerful dan relevan dengan karakteristik pelajar modern.
3. **Inspirasi Inovasi Pendidikan:** Kegiatan ini tidak hanya memperluas wawasan siswa tentang dunia penerbangan, tetapi juga berfungsi sebagai katalisator bagi pengembangan metode pembelajaran inovatif di lingkungan sekolah. Potensi adopsi teknologi dalam proses belajar-mengajar menjadi semakin nyata.
4. **Sumber Daya Berkelanjutan:** Modul pembelajaran virtual yang dikembangkan (bit.ly/virtualaf1) merupakan aset edukasi dan dapat menjadi referensi berkelanjutan

bagi siswa dan guru, mendukung proses pembelajaran mandiri dan pengayaan materi di luar jam sekolah.

REFERENSI

- Azhari, F., & Khoirul, M. (2022). Desain Penelitian Deskriptif Kuantitatif dalam Studi Pendidikan. *Prosiding Konferensi Nasional Pendidikan*, 5(2), 112-120.
- Badan Nasional Pencarian dan Pertolongan. (2022). Laporan Tahunan Keselamatan Penerbangan Sipil Indonesia 2021. BASARNAS.
- Chen, L., & Lee, S. (2023). The Role of Digital Literacy in Preparing Students for Industry 4.0. *International Journal of Educational Technology*, 20(4), 312-325.
- Chen, S., Li, Q., & Wang, J. (2021). The Effectiveness of Multimedia Elements in Online Learning: A Meta-Analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 59(6), 1123-1145.
- Creswell, J. W. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (5th ed.). Sage Publications.
- Davies, C., & Smith, B. (2022). Personalized Learning Pathways in Web-Based Educational Platforms. *Online Learning Journal*, 26(3), 189-204.
- Dewi, K., & Sari, M. (2023). Pengukuran Pemahaman Konseptual Siswa Melalui Tes Objektif dan Subjektif. *Jurnal Pendidikan dan Pengajaran*, 6(1), 25-38.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. (2023). Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil (PKPS) Bagian 139: Aerodrome. Kementerian Perhubungan RI.
- FAA. (2021). Advisory Circular 150/5340-1J: Standards for Airport Lighting. Federal Aviation Administration.
- Gunawan, R., & Hadi, S. (2023). Analisis Efektivitas PAPI dan VASI dalam Mendukung Pendekatan Pesawat. *Jurnal Teknologi Penerbangan*, 10(1), 1-12.
- Huang, R., Jiang, M., & Yang, S. (2022). The Impact of Online Learning on Student Performance: A Longitudinal Study. *Computers & Education*, 186, 104543.
- International Air Transport Association. (2022). *IATA Annual Review 2021: Safety and Operations*. IATA.
- ICAO. (2018). Annex 14: Aerodromes, Volume I: Aerodrome Design and Operations (8th ed.). International Civil Aviation Organization.
- Johnson, L., Adams, S., & Brown, C. (2024). *The Horizon Report: Higher Education Edition 2024*. EDUCAUSE.
- Kim, Y., & Park, J. (2022). Digital Natives' Learning Preferences: The Role of Interactivity and Multimedia in Online Education. *Journal of Learning and Instruction*, 24(3), 201-215.
- Kurniawan, F. (2020). Evaluasi Sistem Penerangan Pendekatan (ALS) dalam Peningkatan Keselamatan Penerbangan. *Jurnal Teknik Dirgantara*, 18(2), 123-134.
- Lestari, A., & Putri, T. (2023). Peningkatan Motivasi Belajar Siswa Melalui Pemanfaatan Konten Interaktif pada Platform E-learning. *Jurnal Inovasi Pendidikan dan Pengajaran*, 11(2), 145-158.
- Moleong, L. J. (2018). *Metodologi Penelitian Kualitatif*. PT Remaja Rosdakarya.
- Moore, M. G., & Kearsley, G. (2012). *Distance Education: A Systems View of Online Learning* (3rd ed.). Cengage Learning.
- Pew Research Center. (2023). *Teens, Social Media and Technology 2023*. Pew Research Center.
- Pratama, D. (2022). Efektivitas Penggunaan Simulasi 3D dalam Modul Pembelajaran Teknik Otomotif. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 10(3), 201-212.
- Rahman, F., & Azis, I. (2024). Pengembangan Modul Pembelajaran Berbasis Web untuk Mata Pelajaran Kejuruan. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 12(1), 45-56.

- Safitri, M., & Wibowo, S. (2023). Analisis Kesenjangan Pengetahuan Siswa SMA Terhadap Teknologi Industri 4.0. *Jurnal Teknologi Pendidikan Indonesia*, 7(2), 120-135.
- Saputra, D., & Hadi, M. (2020). Pengaruh Demonstrasi Visual Terhadap Pemahaman Konsep Fisika di SMA. *Jurnal Riset Pendidikan Fisika*, 4(1), 1-10.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Supriyanto, B., & Jati, A. (2021). Pendekatan Pembelajaran Dialogis untuk Meningkatkan Partisipasi Aktif Siswa. *Jurnal Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia*, 5(1), 45-58.
- Suryadi, B., & Rahman, I. (2021). Tantangan dan Peluang dalam Pengenalan Profesi Penerbangan kepada Siswa Sekolah Menengah. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 15(2), 87-99.
- Susanto, J., & Wijaya, K. (2021). Analisis Risiko Kegagalan Sistem Penerangan Landasan Pacu Terhadap Keselamatan Operasi Penerbangan. *Jurnal Keselamatan Transportasi*, 5(1), 1-12.
- Susanto, Y., & Widyawati, E. (2023). Pemanfaatan Website Sebagai Media Pembelajaran Interaktif di Era Digital. *Jurnal Pendidikan Komputer*, 11(2), 78-90.
- UNESCO. (2020). *Education in a Post-COVID World: Nine Ideas for Public Action*. UNESCO.
- UNESCO. (2022). *Recommendation on Open Educational Resources (OER)*. UNESCO.
- Wibowo, A., & Pratiwi, L. (2023). Analisis Kurikulum Pendidikan Menengah Atas dalam Menghadapi Tuntutan Industri 4.0. *Jurnal Kajian Kurikulum*, 6(1), 34-47.
- Wibowo, E., & Putra, D. (2023). Tantangan Implementasi Media Pembelajaran Digital di Sekolah Menengah Atas. *Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 7(2), 156-170.
- Widodo, P., & Nugroho, R. (2024). Standar Marka Landasan Pacu dan Implementasinya dalam Operasional Bandar Udara. *Jurnal Transportasi Dirgantara*, 11(1), 23-35.
- World Bank. (2021). *Reshaping Education: The Future of Learning and Teaching*. World Bank.
- Wulandari, R., & Harahap, S. (2022). Efektivitas Penggunaan Pre-test dan Post-test dalam Mengukur Peningkatan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Evaluasi Pendidikan*, 6(1), 1-12.