



## RANCANGAN SIMULASI KONSEP PELAKSANAAN *GROUND CHECK* DVOR DENGAN MENGGUNAKAN DRONE

Archie Haidar Adhitama Setiawan\*, Muhammad Arif Sulaiman, Febria Roza

Program D-IV Teknik Navigasi Udara, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Indonesia

**Abstrak:** Doppler VHF Omnidirectional Range (DVOR) merupakan perangkat navigasi udara yang berperan penting dalam memberikan informasi arah (bearing) kepada pesawat secara akurat. Pelaksanaan *ground check* DVOR perlu dilakukan secara berkala untuk menjamin keandalan dan akurasi sistem, namun di lapangan masih ditemukan variasi metode pelaksanaan yang berpotensi menimbulkan inkonsistensi hasil pengukuran. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengevaluasi konsep pelaksanaan *ground check* DVOR menggunakan DRONE berbasis simulasi perangkat lunak. Metode yang digunakan adalah ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) yang memberikan pendekatan sistematis dalam pengembangan konsep. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara terstruktur dan tidak terstruktur serta kuesioner kepada teknisi navigasi udara dan regulator. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsep simulasi *ground check* berbasis DRONE mampu memodelkan prosedur pengukuran secara lebih fleksibel, terstruktur, dan seragam dibandingkan metode konvensional. Rancangan simulasi yang dikembangkan dapat mengilustrasikan alur kerja, titik pengukuran, serta proses evaluasi sinyal DVOR secara sistematis. Kesimpulan penelitian ini adalah bahwa penggunaan DRONE berbasis simulasi software berpotensi meningkatkan efisiensi, konsistensi prosedur, dan efektivitas pelaksanaan *ground check* DVOR. Konsep ini dapat menjadi referensi awal dalam pengembangan metode pengujian navigasi udara berbasis teknologi digital.

**Kata kunci:** ADDIE, DRONE, DVOR, *ground check*, simulasi software.

### I. PENDAHULUAN

Doppler VHF *Omnidirectional Range* (DVOR) merupakan sistem navigasi radio berbasis darat yang bekerja pada frekuensi 108.00 MHz hingga 117.95 MHz dan memberikan informasi arah kepada pesawat melalui prinsip pergeseran Doppler (Nugraha *et al.*, 2019; dan Ridwan *et al.*, 2024). Dibandingkan sistem VOR konvensional (CVOR), DVOR memiliki tingkat akurasi dan stabilitas sinyal yang lebih baik karena mampu meminimalkan distorsi akibat pantulan lingkungan sekitar antena

(Nugraha *et al.*, 2019). Oleh karena itu, keandalan DVOR harus dijaga melalui proses pengujian dan inspeksi berkala, salah satunya melalui *ground check* (Dikjen Perhubungan, 2005).

*Ground check* merupakan bagian penting dalam pemeliharaan fasilitas navigasi udara. Namun, dalam praktik di lapangan ditemukan adanya perbedaan metode pelaksanaan *ground check* DVOR. Beberapa teknisi melakukan pengukuran dari *tower* ATC, sebagian lainnya mencuplik sinyal dari shelter DVOR, dan ada pula yang melakukan pengukuran dengan mengelilingi area DVOR untuk memperoleh parameter sinyal secara menyeluruh (Dikjen Perhubungan, 2005). Perbedaan prosedur ini menunjukkan adanya

\*) archie.chieko@gmail.com

Diterima: 24 Februari 2026

Direvisi: 19 Mei 2026

Disetujui: 5 Juni 2026

DOI: 10.23969/infomatek.v28i1.42818

gap antara kebutuhan standardisasi dan implementasi aktual di lapangan, yang berpotensi menyebabkan inkonsistensi hasil pengukuran serta memengaruhi kualitas informasi navigasi yang diterima pesawat.

Seiring perkembangan teknologi, penggunaan DRONE atau *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) mulai dimanfaatkan dalam kegiatan inspeksi navigasi penerbangan (Geise *et al.*, 2019; dan Scradler *et al.*, 2019). DRONE memiliki kemampuan manuver tinggi dan fleksibilitas dalam menjangkau titik pengukuran yang sulit

dicapai metode konvensional. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan *Unmanned Aircraft System* (UAS) untuk pengukuran navaid pada ketinggian rendah dapat melengkapi metode inspeksi konvensional (Bredemeyer dan Schrader, 2018). Selain itu, studi terkait *flight inspection* berbasis UAV telah dilakukan, namun masih berfokus pada inspeksi udara (*flight inspection*), bukan pada pengembangan konsep *ground check* berbasis simulasi visual interaktif (Tabel 1).

**Tabel 1. State of The Art**

Judul	Hasil Penelitian	Perbedaan
The Feasibility of Remotely Piloted Aircrafts for VOR <i>Flight inspection</i> (De Oliveira Costa <i>et al.</i> ,2020).	Penelitian ini menunjukkan bahwa RPA dapat digunakan untuk <i>flight inspection</i> VOR melalui simulasi Hardware in the Loop dan mampu mendeteksi error hingga 4° sesuai standar ICAO.	Fokus pada <i>pada</i> inspeksi penerbangan berbasis simulasi sistem kontrol dan positioning, bukan pada <i>ground check</i> atau perancangan visual interaktif.
Real Time and Post-Processing <i>Flight inspection</i> by DRONE: A Survey (Togola, S <i>et al.</i> , 2020).	Penelitian ini merancang arsitektur inspeksi drone secara real-time dan post-processing untuk sistem navigasi seperti VOR, ILS, dan DME, termasuk alur komunikasi dan pengiriman data ke ground station.	Fokus pada <i>flight inspection</i> dan tidak mencakup pengembangan aplikasi visual interaktif maupun <i>ground check</i> secara teknis.
Using UAV multicopters as a complement of ILS/VOR ground and flight measurements (Demule, H., 2022).	Penelitian ini menggunakan UAV multicopter untuk inspeksi ILS/VOR secara langsung di lapangan dan terbukti akurat serta konsisten dengan flight check.	Fokus pada pengukuran nyata dan validasi lapangan, bukan pada simulasi atau pengembangan prototipe berbasis perangkat lunak.
Remote <i>Flight inspection</i> Using Unmanned Aircraft (Barrado, C <i>et al.</i> , 2013).	Penelitian ini mengembangkan sistem <i>flight inspection</i> berbasis UAV dengan simulasi inspeksi VOR dan dukungan positioning presisi.	Meskipun ada unsur simulasi, penelitian ini fokus pada arsitektur sistem UAV, bukan pada simulasi visual interaktif atau <i>ground check</i> berbasis software seperti Unity.
Berdasarkan analisis penelitian terdahulu, belum ditemukan kajian yang secara spesifik membahas perancangan simulasi konsep		pelaksanaan <i>ground check</i> DVOR menggunakan DRONE berbasis perangkat lunak visual. Dengan demikian, terdapat gap

penelitian pada aspek pengembangan prototipe konseptual berbasis simulasi sebagai dasar standarisasi prosedur *ground check* DVOR.

Penelitian ini menggunakan metode ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) sebagai pendekatan sistematis dalam merancang dan mengembangkan konsep simulasi (Sugiyono, 2022). Kerangka berpikir penelitian digambarkan melalui tahapan deskripsi masalah, analisis, studi literatur, perancangan dan pengujian simulasi, serta uji coba software.

Berdasarkan gap analysis tersebut, tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi komponen yang dibutuhkan dalam merancang konsep simulasi pelaksanaan *ground check* DVOR menggunakan DRONE berbasis software.
2. Merancang konsep simulasi pelaksanaan *ground check* DVOR menggunakan DRONE.
3. Mengevaluasi efektivitas rancangan konsep tersebut dalam mendukung prosedur *ground check* yang lebih terstruktur, efisien, dan konsisten.

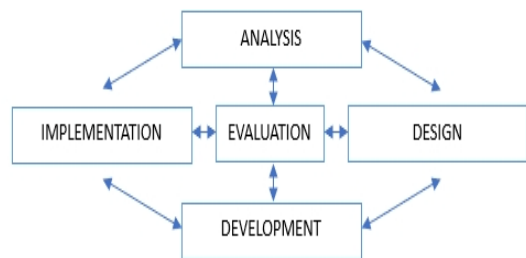
Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi konseptual dalam pengembangan metode pengujian navigasi udara berbasis teknologi DRONE dan simulasi digital.

## II. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) sebagai pendekatan sistematis dalam merancang konsep simulasi pelaksanaan *ground check* DVOR menggunakan DRONE (Sugiyono, 2022). Metode ADDIE dipilih karena

memberikan tahapan pengembangan yang terstruktur, mulai dari identifikasi kebutuhan hingga evaluasi hasil rancangan, sehingga sesuai untuk penelitian berbasis perancangan dan pengembangan simulasi perangkat lunak.

Alur metode ADDIE yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Flowchart ADDIE

### 2.1. Tahap Analisis

Tahap analisis bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan dan permasalahan yang mendasari pelaksanaan *ground check* DVOR di lapangan. Pada tahap ini dilakukan:

1. Identifikasi permasalahan melalui observasi dan wawancara terkait variasi prosedur *ground check* DVOR.
2. Pengumpulan data regulasi dan dokumen teknis terkait prosedur *ground check* DVOR, termasuk standar internasional dan referensi teknis navigasi udara.
3. Analisis potensi pemanfaatan DRONE dan simulasi perangkat lunak dalam mendukung efisiensi dan akurasi proses *ground check*.

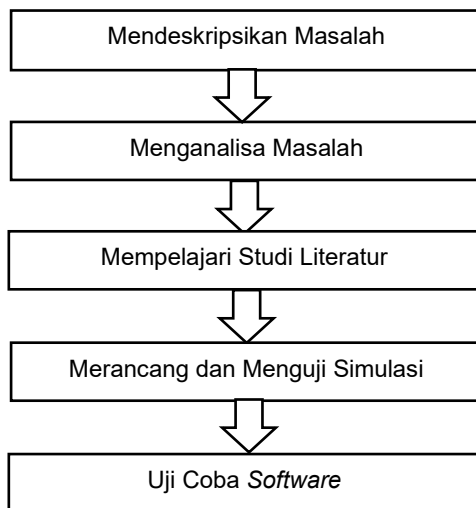
Tahap ini menghasilkan rumusan kebutuhan sistem simulasi yang akan dikembangkan, termasuk parameter teknis yang harus dimodelkan dalam simulasi.

## 2.2. Tahap Design

Tahap design berfokus pada perancangan konsep dan struktur simulasi. Pada tahap ini dilakukan:

1. Perancangan skema operasional pelaksanaan *ground check* DVOR berbasis DRONE.
2. Perancangan alur sistem dalam bentuk flow chart dan diagram konseptual (Gambar 2).
3. Perancangan tampilan antarmuka (*user interface*) aplikasi simulasi.
4. Penyusunan urutan halaman dan navigasi sistem dalam aplikasi.

Desain ini bertujuan untuk memastikan bahwa simulasi mampu merepresentasikan prosedur *ground check* secara sistematis, mulai dari persiapan hingga evaluasi hasil pengukuran.



**Gambar 2.** Flow Chart Kerangka Berpikir.

## 2.3. Tahap Development

Tahap development merupakan proses pengembangan model simulasi berdasarkan desain yang telah dibuat. Pada tahap ini dilakukan:

1. Perancangan skema operasional DRONE, meliputi jalur penerbangan, posisi pengukuran, dan ketinggian optimal.
2. Penentuan parameter pengukuran DVOR yang dianalisis, seperti frekuensi, identifikasi sinyal, kekuatan sinyal, dan kualitas modulasi.
3. Pembuatan model 3D menggunakan platform berbasis web untuk visualisasi objek DVOR dan lingkungan sekitarnya.
4. Pengembangan simulasi menggunakan Unity sebagai game engine untuk membangun aplikasi simulasi interaktif.

Tahap ini menghasilkan prototipe simulasi konsep pelaksanaan *ground check* DVOR berbasis DRONE yang dapat dijalankan secara visual dan interaktif.

## 2.4. Tahap Implementation

Tahap implementation dilakukan dengan menjalankan simulasi yang telah dikembangkan. Implementasi ini mencakup:

1. Pengoperasian simulasi sesuai skenario yang telah dirancang.
2. Simulasi proses *ground check* DVOR menggunakan DRONE dalam lingkungan virtual.
3. Pengujian alur kerja sistem untuk memastikan kesesuaian dengan prosedur yang dirancang.

Tahap ini bertujuan untuk melihat apakah konsep yang dikembangkan dapat diimplementasikan secara sistematis dalam bentuk aplikasi simulasi.

## 2.5. Tahap Evaluation

Tahap evaluation bertujuan untuk menilai keberhasilan rancangan simulasi dalam mendukung pelaksanaan *ground check* DVOR. Evaluasi dilakukan melalui:

1. Uji coba software untuk menguji fungsionalitas sistem.
2. Analisis kesesuaian antara hasil simulasi dengan kebutuhan prosedural *ground check* DVOR.
3. Penilaian efektivitas konsep dalam meningkatkan efisiensi dan konsistensi prosedur.

Tahap evaluasi ini menjadi dasar untuk menyimpulkan apakah rancangan simulasi berbasis DRONE yang dikembangkan telah memenuhi tujuan penelitian.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Hasil Tahap Analysis

Tahap analisis menunjukkan bahwa pelaksanaan *ground check* DVOR di lapangan masih dilakukan dengan metode yang bervariasi. Beberapa teknisi melakukan pengukuran dari tower ATC, sebagian mencuplik sinyal dari shelter DVOR, dan sebagian lainnya melakukan pengukuran dengan mengelilingi area DVOR untuk memperoleh parameter sinyal secara menyeluruh (Dikjen Perhubungan, 2005). Variasi ini terjadi karena belum adanya regulasi teknis yang secara spesifik menyeragamkan prosedur *ground check* DVOR.

Perbedaan metode tersebut berpotensi menimbulkan inkonsistensi hasil pengukuran, khususnya pada parameter frekuensi, identifikasi, kekuatan sinyal, dan kualitas modulasi (ICAO, 2023; dan Ye dan Xu, 2020). Kondisi ini menunjukkan adanya kebutuhan terhadap suatu konsep prosedural yang lebih sistematis dan dapat direpresentasikan secara visual agar mudah dipahami serta direplikasi secara seragam (Xiang *et al.*, 2025; dan Anafi *et al.*, 2023).

Selain itu, studi literatur menunjukkan bahwa penggunaan DRONE atau UAV dalam inspeksi navigasi udara telah terbukti efektif pada inspeksi udara (*flight inspection*). Penelitian oleh Bredemeyer dan Schrader menyebutkan bahwa UAS mampu melakukan pengukuran navaid pada ketinggian rendah sebagai pelengkap inspeksi konvensional (Bredemeyer dan Schrader, 2018). Penelitian Rahnama, Asaadi, dan Park juga menunjukkan bahwa hasil pengukuran UAV memiliki akurasi yang sangat dekat dengan *flight inspection* menggunakan pesawat (Rahnama *et al.*, 2018). Namun demikian, penelitian-penelitian tersebut lebih berfokus pada inspeksi udara, bukan pada pengembangan konsep simulasi prosedur *ground check* berbasis perangkat lunak.

Temuan ini memperkuat adanya gap penelitian pada aspek perancangan simulasi konseptual *ground check* DVOR berbasis DRONE.

#### 3.2. Hasil Tahap Design

Tahap design menghasilkan rancangan alur sistem simulasi yang divisualisasikan dalam bentuk flow chart (Gambar 2). Alur tersebut mencakup tahapan:

1. Mendeskripsikan masalah,
2. Menganalisis kebutuhan sistem,
3. Studi literatur,
4. Merancang dan menguji simulasi,
5. Uji coba perangkat lunak.

Struktur desain ini memastikan bahwa simulasi tidak hanya bersifat visual, tetapi juga berbasis pada kebutuhan teknis dan regulasi yang relevan (ICAO, 2023).

Selain itu, pada tahap ini dirancang tampilan antarmuka (*user interface*) aplikasi simulasi yang memuat:

1. Tampilan area DVOR dan lingkungan sekitarnya,
2. Representasi posisi DRONE,
3. Parameter pengukuran sinyal,
4. Panel kontrol simulasi.

Desain antarmuka ini bertujuan untuk memberikan visualisasi prosedur *ground check* secara sistematis sehingga pengguna dapat memahami urutan kerja secara terstruktur (Nieminen, 2021; dan Buyusalih *et al*, 2017).

### 3.3. Hasil Tahap Development

Pada tahap development, dilakukan pengembangan model simulasi menggunakan pendekatan berbasis 3D dan game engine. Model objek DVOR dan lingkungan divisualisasikan menggunakan platform pemodelan 3D berbasis web, kemudian diintegrasikan ke dalam Unity sebagai engine utama pengembangan aplikasi (Shesina, 2016; dan Nazar dan Sefercik, 2023).

Beberapa komponen utama yang dikembangkan dalam simulasi meliputi:

1. Skema jalur penerbangan DRONE mengelilingi DVOR,
2. Titik-titik pengukuran sinyal pada radius tertentu,
3. Parameter pengukuran seperti frekuensi, identifikasi, kekuatan sinyal, dan kualitas modulasi,
4. Sistem navigasi dan kontrol simulasi.

Hasil pengembangan ini menghasilkan prototipe aplikasi simulasi yang mampu

menggambarkan proses *ground check* DVOR secara interaktif.

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan perangkat pengukuran seperti R&S EVSF1000 dalam inspeksi UAV (Tabel 1), penelitian ini memiliki perbedaan pada fokusnya. Penelitian sebelumnya menitikberatkan pada akuisisi data lapangan dan pengukuran aktual, sedangkan penelitian ini berfokus pada pengembangan konsep dan visualisasi prosedural berbasis simulasi perangkat lunak.

### 3.4. Hasil Tahap Implementation

Tahap implementation dilakukan dengan menjalankan simulasi sesuai skenario yang telah dirancang. Dalam tahap ini, sistem diuji untuk memastikan bahwa:

1. DRONE dapat bergerak sesuai jalur penerbangan yang dirancang,
2. Parameter pengukuran dapat ditampilkan secara sistematis,
3. Alur prosedur *ground check* dapat direpresentasikan secara runtut.

Hasil implementasi menunjukkan bahwa simulasi mampu menggambarkan proses *ground check* DVOR secara terstruktur, mulai dari tahap persiapan hingga evaluasi hasil pengukuran (Xiang *et al.*, 2025).

Secara konseptual, penggunaan simulasi ini memberikan beberapa keunggulan dibanding metode konvensional, yaitu:

1. Representasi visual yang konsisten,
2. Kemudahan standarisasi prosedur,
3. Potensi efisiensi waktu pelaksanaan,
4. Media pelatihan bagi teknisi navigasi udara.

### 3.5. Evaluasi dan Pembahasan Konseptual

Tahap evaluasi menunjukkan bahwa rancangan simulasi berbasis DRONE memiliki potensi untuk meningkatkan konsistensi prosedur *ground check* DVOR. Jika dibandingkan dengan pendekatan konvensional yang bergantung pada interpretasi individu teknisi, simulasi ini menawarkan kerangka prosedural yang lebih terstruktur (Sugiyono, 2022; dan Anafi et al., 2023).

Penelitian sebelumnya membuktikan bahwa UAV efektif dalam pengukuran navaid secara teknis (Bredemeyer dan Schrader, 2018; dan Rahnama et al., 2018). Namun, penelitian ini memberikan kontribusi tambahan dalam bentuk pendekatan konseptual dan edukatif melalui simulasi visual interaktif. Dengan demikian, kontribusi penelitian ini terletak pada aspek:

1. Standardisasi konseptual prosedur *ground check* DVOR,
2. Integrasi teknologi DRONE dalam model simulasi,
3. Penyediaan media pelatihan berbasis visual interaktif.

Secara pengembangan ke depan, simulasi ini dapat dikembangkan menjadi sistem yang terintegrasi dengan data real-time atau dikombinasikan dengan sensor aktual untuk mendukung inspeksi semi-otomatis (Sommer et al., 2022). Selain itu, integrasi dengan database historis pengukuran dapat meningkatkan kemampuan analisis tren performa DVOR dari waktu ke waktu (Fries dan Demule, 2022).

Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya memberikan rancangan konseptual, tetapi juga membuka peluang pengembangan

lebih lanjut dalam bidang inspeksi navigasi udara berbasis teknologi digital.

### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Variasi pelaksanaan *ground check* DVOR di lapangan menunjukkan belum adanya prosedur teknis yang seragam, sehingga berpotensi menimbulkan inkonsistensi hasil pengukuran. Kondisi ini mengindikasikan perlunya suatu pendekatan konseptual yang terstruktur dan dapat direpresentasikan secara sistematis.
2. Metode ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) terbukti efektif digunakan sebagai pendekatan dalam merancang simulasi konsep pelaksanaan *ground check* DVOR berbasis DRONE, karena memberikan tahapan pengembangan yang sistematis dan terarah.
3. Rancangan simulasi berbasis DRONE yang dikembangkan mampu merepresentasikan prosedur *ground check* DVOR secara visual, interaktif, dan terstruktur, sehingga berpotensi meningkatkan konsistensi prosedur, efisiensi pelaksanaan, serta dapat dimanfaatkan sebagai media pelatihan teknisi navigasi udara.

Secara konseptual, penelitian ini memberikan kontribusi dalam bentuk model simulasi prosedural yang dapat menjadi referensi awal dalam pengembangan sistem inspeksi navigasi udara berbasis teknologi digital. Pengembangan lebih lanjut dapat diarahkan pada integrasi sistem simulasi dengan data real-time atau perangkat pengukuran aktual

untuk mendukung implementasi operasional yang lebih komprehensif.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Fries, M., Demule, H., & Eichhorn, R. (2022). Combining Full Wave Electromagnetic Simulations with UAV Multicopter Measurements to improve VOR signal quality monitoring and interference prevention. *21st IFIS Papers*, 1-12. (<https://www.icasc.co/wp-content/uploads/2023/02/Combining-Full-Wave-Electromagnetic-Simulations-with-UAV-Multicopter.pdf>).
- Xiang, Z., Tian, C., Dai, Y., Xiang, H., Huang, L., Liu, X., & Zhang, Y. (2025). Research and Application of Digital Twin and Simulation Teaching Methodology in DVOR. *IEEE Access*.
- International Civil Aviation Organization. (2023). *Annex 10: Aeronautical telecommunications (Vol. I: Radio navigation aids)* (<https://fac.ch/wp-content/uploads/2020/09/ICAO-Annex-10-Aeronautical-Telecommunications-Vol-I-Radio-Navigation-Aids.pdf>).
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. (2005). *Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Nomor SKEP/83/VI/2005UDARA*.
- Geise, R., Weiss, A., Neubauer, B., Fritzel, T., Strauß, R., Steiner, H., Faul, D., Eibert, T., and Honda, J. (2019). Nearfield Inspection of Navigation Systems with UAVs—First Results from the NAVANT Project. Electronic Navigation Research Institute (eds) Air Traffic Management and Systems IV. EIWAC 2019. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 731. Springer, Singapore.
- [https://doi.org/10.1007/978-981-33-4669-7\\_20](https://doi.org/10.1007/978-981-33-4669-7_20).
- Schrader, T., Bredemeyer, J., Mihalachi, M., Ulm, D., Kleine-Ostmann, D., Stupperich, C., Sandmann, S., and Garbe, H. (2019). High-resolution signal-in-space measurements of VHF omnidirectional ranges using UAS. *Advances in Radio Science*, 17, 1–10. Doi: <https://doi.org/10.5194/ars-17-1-2019>
- Sommer, D., Irigireddy, A. S. C. R., Parkhurst, J., Pepin, K., & Nastrucci, E. R. (2020, October). UAV-based measuring system for terrestrial navigation and landing aid signals. In *2020 AIAA/IEEE 39th Digital Avionics Systems Conference (DASC) IEEE*. 1-7, doi: <https://doi.org/10.1109/DASC50938.2020.9256447>.
- Sugiyono. (2022). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif dan R&D*. Alfabeta, Bandung.
- Bredemeyer, J., & Schrader, T. (2018). Employing UAS to perform low altitude nav aids measurements. (<https://www.icasc.co/wp-content/uploads/2023/02/IFIS18-0026-Paper.pdf>)
- Rahnama, E., Asaadi, M., & Park, M. (2018). Pre-flight check NAV aids system using UAV (<https://www.icasc.co/wp-content/uploads/2023/02/Pre-Flight-Check-NAV-Aids-System-Using-UAV.pdf>).
- Nugraha, Y. T., Evalina, N., Zambak, M. F., Rezkika, I., & Novalianda, S. (2019). Analisis sistem navigasi udara model 432 (DVOR) untuk memandu pesawat

- menuju bandara. *Prosiding Seminar Nasional Teknik USU 2019*, 120-126
- Ridwan, A., Arif, A., Nugraha, Y. T., & Othman, M. A. (2024). Analisis kinerja antena DVOR di Bandara Kualanamu. *Journal of Electrical Engineering and Computer (JEECOM)*, 6(1) 227-234. Doi: <https://doi.org/10.33650/jeecom.v6i1.8534>
- Ye, J., & Xu, J. (2020). Research and simulation analysis on vertical nulls of DVOR in electromagnetic environment simulation. *Proceeding 2020 IEEE 5th Information Technology and Mechatronics Engineering Conference (ITOEC)* IEEE Press, <https://doi.org/10.1109/ITOEC49072.2020.9141765>.
- Emimi, M., Khaleel, M., & Alkrash, A. (2023). The current opportunities and challenges in drone technology. *International Journal of Electrical and Environmental Systems*, 1(3), 74–89. Doi: <https://doi.org/10.65998/ijees.v1i3.47>
- Nieminen T. (2021). *Unity game engine in visualization, simulation and modelling*. BS Thesis. (<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/133433/NieminenTopi.pdf>).
- Shesina, E. (2016). *Designing and building a three-dimensional environment using Blender 3D and Unity game engine*. Thesis Lapland University of Applied Sciences ([https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/120138/Sheshina\\_Evgeniya.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/120138/Sheshina_Evgeniya.pdf?sequence=1&isAllowed=y)).
- Nazar, M., & Sefercik, U. G. (2023). Game development in Unity game engine using optical UAV data. *Proceeding Conference: 6th Intercontinental Geoinformation Days* ([https://www.researchgate.net/publication/371575852\\_Game\\_development\\_in\\_Unity\\_game\\_engine\\_using\\_optical\\_UAV\\_data#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/371575852_Game_development_in_Unity_game_engine_using_optical_UAV_data#fullTextFileContent)).
- Anafi, K., Wiryokusumo, I., & Leksono, I. P. (2021). Pengembangan media pembelajaran model ADDIE menggunakan software Unity 3D. *Jurnal Education and development*, 9(4), 433-438.
- Buyuksalih, I., Bayburt, S., Buyuksalih, G., Baskaraca, A. P., Karim, H., & Rahman, A. A. (2017). 3D modelling and visualization based on the unity game engine—advantages and challenges. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 4, 161-166. Doi: <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-4-W4-161-2017>
- de Oliveira Costa, D., Oliveira, N. M. F., & d'Amore, R. (2020). The feasibility of remotely piloted aircrafts for VOR flight inspection. *Sensors*, 20(7), 1947. Doi: <https://doi.org/10.3390/s20071947>
- Togola, S., Kiemde, S. M. A., & Kora, A. D. (2020, July). Real time and post-processing flight inspection by drone: a survey. In *2020 43rd International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP)*, 399-402. IEEE.
- Demule, H. (2022). Using UAV multicopters as a complement of ILS/VOR ground and flight measurements: our feedback and

experience after more than four years of successful operations. In *Proceedings of IFIS2022*.

Barrado, C., Ramírez, J., Pérez-Battle, M., Santamaria, E., Prats, X., & Pastor, E.

(2013). Remote flight inspection using unmanned aircraft. *Journal of Aircraft*, 50(1), 38-46. Doi: <https://arc.aiaa.org/doi/10.2514/1.C031450>