

Pengembangan Fitur Perekaman Data Penerbangan Berbasis Identitas Pilot, UAV, Dan Integrasi Visualisasi Wilayah Terbatas Pada Motogrid GCS

¹Merinda Lestandy, ²Muh. Akhirul Ramadhan

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Malang, Kota Malang

¹merindalestandy@umm.ac.id, ²akhirulramadhan@webmail.umm.ac.id,

Article Info

Keyword:

UAV
GCS
QGroundControl

Copyright © 2025 -SNTE
All rights reserved

ABSTRACT

Abstrak— Pesawat Tanpa Awak (Unmanned Aerial Vehicle/UAV) semakin banyak dimanfaatkan di berbagai sektor, namun efektivitas operasionalnya sangat dipengaruhi oleh perangkat lunak Ground Control Station (GCS). QGroundControl sebagai salah satu GCS populer memiliki kelemahan pada aspek antarmuka yang kompleks sehingga berpotensi menimbulkan kesalahan pengguna. Penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi MotoGrid GCS sebagai solusi GCS yang lebih intuitif, aman, dan mudah digunakan. Metode penelitian menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). Hasil pengembangan menunjukkan MotoGrid GCS mampu menghadirkan fitur zona terbatas terbang (no-fly zone) berbasis geofencing, pencatatan data penerbangan, serta dokumentasi identitas pilot dan UAV. Uji coba kepada 20 responden memperlihatkan tingkat kepuasan pengguna yang tinggi, khususnya bagi pengguna baru, dengan 70% di antaranya adalah pemula. MotoGrid GCS terbukti mendukung pengelolaan misi UAV secara komprehensif dan memberikan kontribusi terhadap peningkatan keamanan serta efektivitas penerbangan.

Corresponding Author:

Muh. Akhirul Ramadhan

Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Malang, Kota Malang,

Jl. Raya Tlogomas No. 246 Malang - Jawa Timur 65144.

Email: akhirulramadhan@webmail.umm.ac.id

I. PENDAHULUAN

Pesawat Tanpa Awak atau Unmanned Aerial Vehicle (UAV) telah menjadi teknologi kunci di berbagai sektor industri, mulai dari agrikultur presisi hingga pengawasan infrastruktur [1]. Pengoperasian UAV sangat bergantung pada perangkat lunak Ground Control Station (GCS) yang berfungsi sebagai antarmuka antara pilot dan wahana. Saat ini, salah satu GCS sumber terbuka yang paling banyak digunakan adalah QGroundControl [5].

Meskipun QGroundControl menawarkan fitur yang komprehensif, beberapa studi dan analisis pengguna menyoroti kelemahannya pada aspek antarmuka pengguna (UI) yang padat dan kompleks, sehingga menghadirkan kurva belajar yang curam bagi pengguna baru [6]. Kompleksitas ini berpotensi meningkatkan risiko kesalahan manusia (human error), yang dapat berdampak pada keamanan dan keberhasilan misi [7].

Kesenjangan antara fungsionalitas yang kuat dan usabilitas yang rendah inilah yang menjadi dasar penelitian ini. Terdapat kebutuhan untuk mengembangkan sistem GCS yang tidak hanya fungsional tetapi juga intuitif, sesuai dengan prinsip-prinsip Desain yang Berpusat pada Pengguna (User-Centered Design) [8].

Karena itu, studi ini memiliki tujuan untuk merencanakan, membuat, dan menguji sebuah aplikasi GCS baru bernama MotoGrid GCS. Tujuan utamanya adalah untuk menyediakan solusi manajemen operasi UAV yang efisien, aman, dan mudah diakses oleh berbagai tingkat keahlian pengguna, sehingga meminimalkan risiko operasional, meningkatkan efektivitas misi, serta dapat mendeteksi bahaya tertentu seperti area sensitif dan rintangan[9].

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Fitur Area Terbatas Terbang

Modul ini mengacu pada prinsip-prinsip manajemen ruang udara yang modern serta teknologi geofencing yang mutakhir untuk memastikan ketaatan terhadap peraturan terkait drone. Penelitian mengenai penerapan geofencing dalam konteks geospasial menunjukkan bagaimana batasan virtual dapat mempengaruhi keselamatan dan privasi pengguna drone dengan signifikan. DJI baru saja mengupdate sistem geofencing-nya, sesuai dengan data dari FAA dan EASA mulai awal tahun 2024 hingga 2025, mengganti zona larangan terbang yang kaku dengan zona peringatan yang dapat dibatalkan, yang menekankan tanggung jawab setiap operator serta penyesuaian dengan standar otoritas penerbangan[1].

Teknologi dynamic geofencing terus berkembang berkat kerangka kerja seperti UTICN, yang memungkinkan manajemen ruang udara secara real time untuk UAV, termasuk koordinasi kelompok dan konektivitas yang cerdas. Di samping itu, algoritma geofencing yang kompleks, seperti pendekatan alpha shapes menggunakan diagram Voronoi, telah diuji sejak tahun 2021 untuk meningkatkan ketepatan batas virtual, terutama di kawasan perkotaan[2].

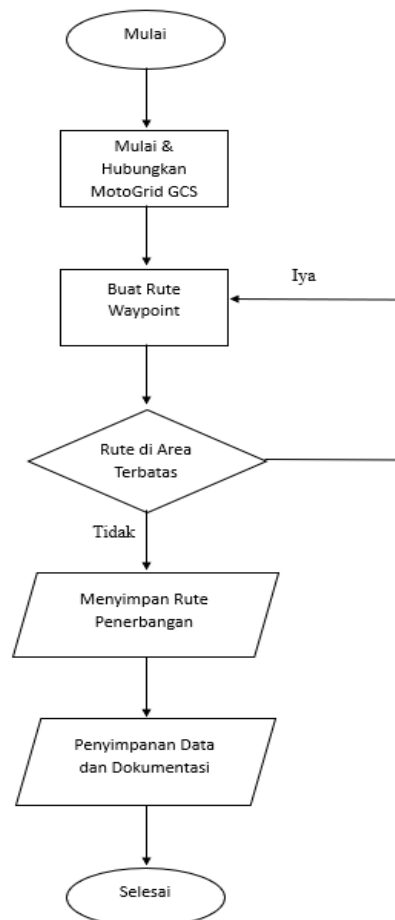
B. Penyimpanan Dan Dokumentasi Data Penerbangan

Database digunakan untuk menyimpan, mengelola, dan mengorganisir data dengan tujuan memberikan akses yang efisien, aman, dan terstruktur terhadap informasi. Perkembangan cepat dalam data penerbangan UAV dari segi volume, kecepatan, dan variasi yang signifikan membutuhkan penerapan arsitektur pengelolaan data yang terkini. Sebagai contoh, data telemetri UAV yang berbentuk deret waktu memerlukan dukungan dari platform pengolahan aliran dan penyimpanan secara real-time, seperti yang diuraikan oleh Almeida dan rekan-rekannya (2023) dalam kajian mereka tentang sistem deret waktu dan kerangka pengolahan aliran[3].

Konar dan timnya (2024) telah memperkenalkan solusi yang mengandalkan telemetri mini-UAV untuk pengambilan data penerbangan secara langsung, serta menekankan pentingnya sistem backend yang kuat untuk menyimpan catatan penerbangan[4].

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan Rekayasa Perangkat Lunak (Software Engineering) dengan metode Research and Development (R&D). Metode penelitian dan pengembangan atau dalam bahasa Inggris research and development adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut[11]. Model yang digunakan adalah ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) karena memiliki tahapan terstruktur untuk pengembangan perangkat lunak.



Gbr. 1 Flowchart

Flowchart tersebut menggambarkan alur kerja perencanaan misi UAV yang terintegrasi dengan sistem visualisasi dan deteksi area terlarang pada MotoGRID GCS. Proses diawali dengan tahap "Mulai", diikuti dengan "Mulai & Hubungkan MotoGRID GCS", di mana operator mengaktifkan dan menghubungkan stasiun kontrol darat dengan UAV.

Selanjutnya, alur berlanjut ke tahap "Buat Rute Waypoint", tempat operator merencanakan jalur penerbangan dengan menentukan serangkaian titik (waypoint). Setelah rute dibuat, sistem melakukan pengecekan pada tahap keputusan "Rute di Area Terbatas". Ini adalah inti dari sistem yang dikembangkan, di mana sistem secara otomatis memvalidasi apakah rute yang dibuat melintasi zona larangan atau pembatasan terbang.

Jika validasi menunjukkan "Iya", rute terdeteksi melanggar area terbatas, maka operator akan diarahkan kembali untuk "Buat Rute Waypoint" dan melakukan penyesuaian. Ini sesuai dengan prinsip desain interaktif di mana sistem memberikan umpan balik dan memandu pengguna untuk menghindari kesalahan [13]. Sebaliknya, jika hasil validasi adalah "Tidak", yang berarti rute aman, maka alur berlanjut ke tahap "Menyimpan Rute Penerbangan". Terakhir, proses diakhiri dengan "Penyimpanan Data dan Dokumentasi" yang mencatat semua detail misi, diikuti oleh "Selesai".

Alur kerja ini menunjukkan penerapan efektif dari sistem geofencing untuk UAV, yang dianggap sebagai salah satu fitur keselamatan krusial dalam operasi penerbangan otonom modern [14]

A. Analisis

Tahap analisis dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan pengguna dan sistem. Langkah-langkah yang dilakukan meliputi:

- Studi Literatur: Menelaah dokumentasi MotoGrid GCS dan QGroundControl, standar pencatatan data penerbangan UAV, serta metode visualisasi wilayah terbatas berbasis peta digital.

- Observasi: Mengamati proses pencatatan data penerbangan dan kebutuhan operator dalam memonitor identitas pilot, UAV, serta batasan wilayah operasi.
- Wawancara: Menggali kebutuhan dari operator UAV dan teknisi lapangan terkait pencatatan data penerbangan yang terintegrasi dengan informasi identitas dan batas wilayah.

B. Perancangan

Perancangan sistem dilakukan dengan membagi struktur menjadi:

- Frontend: Menggunakan QML (Qt Quick) untuk menampilkan antarmuka pengguna yang menyajikan data penerbangan, identitas pilot/UAV, serta peta wilayah terbatas.
- Backend: Menggunakan C++ untuk mengelola logika pencatatan data penerbangan, penyimpanan data berbasis identitas, serta pemrosesan data wilayah terbatas dalam format GeoJSON.
- Perancangan Visual: Diagram UML (Use Case, Activity, Class) digunakan untuk menggambarkan alur sistem, sedangkan mockup antarmuka dibuat dengan Figma sebagai rancangan awal.

C. Pengembangan

Metode Prototyping diterapkan agar proses pengembangan bisa dilakukan secara bertahap dengan masukan dari para pengguna. Tahapan ini mencakup: pembuatan versi awal fitur perekaman data dan visualisasi pada area tertentu, pengujian oleh pengguna, serta perbaikan berulang sampai memenuhi standar yang telah ditetapkan.

D. Implementasi

Implementasi sistem dilakukan dengan lingkungan teknis sebagai berikut:

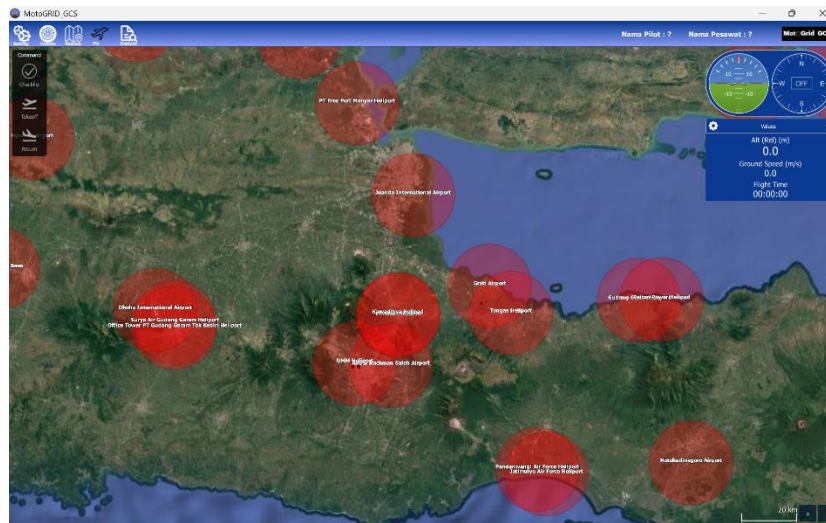
- Bahasa Pemrograman: C++ dan QML.
- Tools & Framework: Qt Creator, Qt 5.15, CMake, dan Git.
- Lingkungan Pengembangan: Windows 10 / Ubuntu 22.04.
- Simulasi: Pengujian awal dilakukan menggunakan PX4 SITL (Software in the Loop) untuk memvalidasi pencatatan data penerbangan dan visualisasi wilayah terbatas sebelum diuji pada perangkat UAV nyata.

E. Evaluasi

Evaluasi sistem dilakukan melalui dua pendekatan utama, yaitu pengujian fungsional dan pengujian kinerja. Pengujian fungsional bertujuan untuk memastikan bahwa fitur pencatatan data penerbangan berbasis identitas pilot maupun UAV, serta integrasi visualisasi wilayah terbatas, dapat berjalan sesuai kebutuhan dan tidak mengalami kesalahan selama proses operasional. Sementara itu, pengujian kinerja difokuskan pada pengukuran aspek kuantitatif seperti kecepatan pencatatan data, respons visualisasi peta, serta kestabilan sistem ketika digunakan secara berulang. Selain pengujian teknis, evaluasi juga dilengkapi dengan analisis kualitatif melalui masukan dari pengguna untuk menilai tingkat kemudahan penggunaan dan efektivitas fitur yang dikembangkan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa modul manajemen operasi UAV (Kendaraan Udara Tanpa Awak) yang dirancang dengan MotoGrid GCS telah berhasil dikembangkan sesuai dengan kebutuhan sistem Stasiun Kontrol Darat (GCS). Hasil pengembangan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gbr. 2 Tampilan Zona Area Terbatas

SELECT * FROM logs LIMIT 100 OFFSET 4800

flightMode	vibrationX	vibrationY	vibrationZ	temperature1	temperature2	windSpeed
TEXT	REAL	REAL	REAL	REAL	REAL	REAL
Loiter	0.186049669981003	0.13740286231041	0.139389127492905	61.21	(NULL)	(NULL)
Loiter	0.186049669981003	0.13740286231041	0.139389127492905	61.21	(NULL)	(NULL)
Guided	0.186049669981003	0.13740286231041	0.139389127492905	61.21	(NULL)	(NULL)
Guided	0.186049669981003	0.13740286231041	0.139389127492905	61.21	(NULL)	(NULL)
Auto	0.186049669981003	0.13740286231041	0.139389127492905	61.21	(NULL)	(NULL)
Auto	0.186049669981003	0.13740286231041	0.139389127492905	61.21	(NULL)	(NULL)
Auto	0.186049669981003	0.13740286231041	0.139389127492905	61.21	(NULL)	(NULL)
Auto	0.186049669981003	0.13740286231041	0.139389127492905	61.21	(NULL)	(NULL)
Auto	0.186049669981003	0.13740286231041	0.139389127492905	61.21	(NULL)	(NULL)
Auto	0.186049669981003	0.13740286231041	0.139389127492905	61.21	(NULL)	(NULL)

Gbr. 3 Data Penerbangan

id	pilot_name	aircraft_name
INTEGER	TEXT	TEXT
> 1	RAMA	VTOL
> 2	Rehan	Vertiwings
> 3	nadif	dji
> 4	Danil	Quadcopter
> 5	r	r

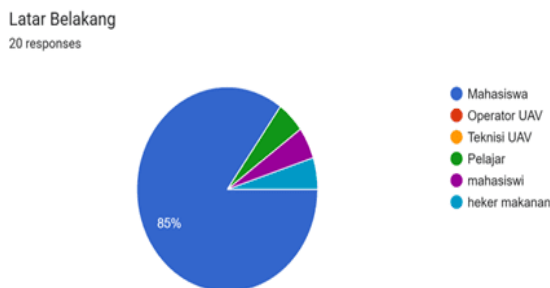
Gbr. 4 Identitas Pilot dan Jenis UAV

Pada tabel berikut merangkum komponen utama modul dan fungsionalitasnya:

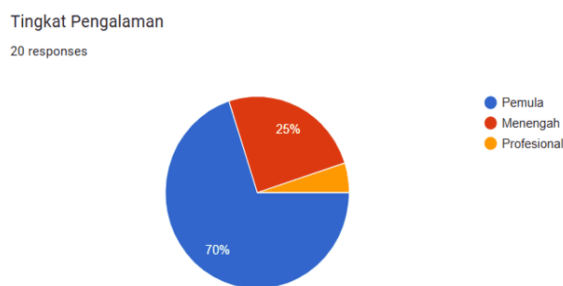
TABEL 1
 Fitur dan Fungsi Aplikasi MotoGrid GCS

No	Fungsi Utama	Fitur Modul
1	Zona Terbatas Terbang	Peringatan visual saat UAV memasuki zona terbatas terbang
2	Log Data Misi	Merekam dan menyimpan data penerbangan

Dari 20 orang yang menguji MotoGrid GCS, sebanyak 85% merupakan mahasiswa, sedangkan 70% di antaranya adalah pengguna baru atau pemula. Hasil tersebut ditunjukkan pada grafik di bawah ini:

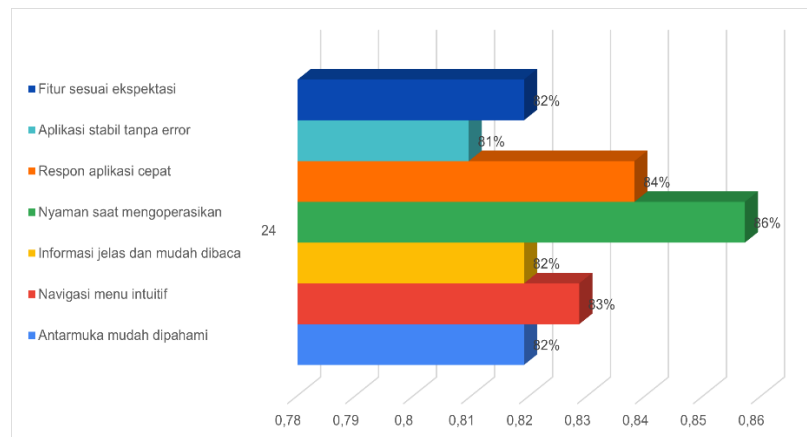


Gbr. 5 Latar Belakang Para Pengguna



Gbr. 6 Tingkat Pengalaman Pengguna terhadap GCS

Lalu dari pengalaman pengguna selama penggunaan atau pemakaian aplikasi didapat grafik yang menunjukkan kepuasan dalam uji coba penerbangan dalam satu misi :



Gbr. 7 Grafik Hasil Kuisoner Aplikasi MotoGrid GCS

Berdasarkan diagram batang di atas, dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan, aplikasi yang diuji memiliki performa yang baik dan memenuhi ekspektasi pengguna. Nilai tertinggi berada pada aspek "Nyaman saat mengoperasikan" dengan persentase 86%, menunjukkan bahwa pengguna merasa alur kerja dan penggunaan aplikasi sangat lancar. Aspek lain seperti "Respon aplikasi cepat" (84%) dan "Navigasi menu intuitif" (83%) juga mendapatkan penilaian yang sangat tinggi, menandakan bahwa aplikasi memiliki kinerja teknis yang solid dan desain antarmuka yang mudah dipahami. Sementara itu, aspek seperti "Fitur sesuai ekspektasi," "Aplikasi stabil tanpa error," "Informasi jelas dan mudah dibaca," dan "Antarmuka mudah dipahami" semuanya berada di rentang 81-82%, menunjukkan konsistensi dan keandalan yang baik. Keseluruhan hasil ini mencerminkan keberhasilan dalam perancangan aplikasi yang tidak hanya fungsional, tetapi juga memberikan pengalaman pengguna yang positif, sejalan dengan konsep user-centered design yang menekankan pentingnya interaksi yang efektif antara manusia dan teknologi [12].

A. Implikasi Teoretis dan Implementasi

Secara teoritis, modul ini menekankan bahwa sistem GCS seharusnya tidak hanya berfungsi sebagai pengendali penerbangan, tetapi juga sebagai alat untuk manajemen misi yang komprehensif. Konsekuensi praktis dari penelitian ini adalah:

- Membantu operator UAV dalam mengelola misi tanpa memerlukan sistem lain.
- Dapat diterapkan pada berbagai misi, seperti pengawasan, pemetaan, dan logistik di area terbatas.

V. KESIMPULAN

1. MotoGrid GCS berhasil dikembangkan sebagai sistem GCS alternatif dengan mengadopsi pendekatan berbasis pengguna (user-centered design) untuk mengatasi kelemahan QGroundControl dalam hal kompleksitas antarmuka.
2. Fitur utama yang dihasilkan mencakup visualisasi zona terbatas terbang (geofencing), pencatatan log data penerbangan, serta integrasi identitas pilot dan UAV.
3. Hasil uji coba menunjukkan aplikasi ini dapat digunakan secara efektif oleh pemula maupun pengguna berpengalaman, dengan tingkat kepuasan yang tinggi terutama dalam uji misi penerbangan.
4. Implikasi teoritis penelitian ini menegaskan pentingnya GCS sebagai alat manajemen misi yang menyeluruh, bukan sekadar pengendali penerbangan UAV.

5. Dari sisi praktis, MotoGrid GCS dapat diterapkan untuk berbagai kebutuhan misi seperti pengawasan, pemetaan, hingga logistik di area terbatas, sekaligus meningkatkan keamanan operasional UAV.

VI. PENUTUP

Template ini adalah versi pertama. Sebagian besar petunjuk format di dokumen ini disadur dari template untuk artikel IEEE.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Malang dan PT Motodoro atas fasilitas yang disediakan untuk penelitian ini. Terima kasih juga kami sampaikan kepada rekan-rekan atas diskusi dan dukungan yang membangun selama proses penelitian.

REFERENSI

- [1] Luo, G., Li, J., Zhang, Q., et al. (2025). *Toward Low-Altitude Airspace Management and UAV Operations: Requirements, Architecture and Enabling Technologies*. arXiv.
- [2] Vagal, V., Markantonakis, K., & Shepherd, C. (2021). *A New Approach to Complex Dynamic Geofencing for Unmanned Aerial Vehicles*. arXiv.
- [3] Almeida, A., Brás, S., Sargento, S., et al. (2023). *Time series big data: a survey on data stream frameworks, analysis and algorithms*. *Journal of Big Data*, 10(83).
- [4] Konar, M., Özdemir, D., Erşen, M., & Fenerci, M. (2024). *Acquisition of Flight Data from Mini Unmanned Aerial Systems*. *Journal of Aviation*, 8(3), 221–228.
- [5] W.K. Chen, *Linear Networks and Systems*. Belmont, CA: Wadsworth, 1993, pp. 123-135
- [6] T. J. van Weert and R. K. Munro, Eds., *Informatics and the Digital Society: Social, ethical and cognitive issues: IFIP TC3/WG3.1&3.2 Open Conf.e on Social, Ethical and Cognitive Issues of Informatics and ICT, July 22-26, 2002, Dortmund, Germany*. Boston: Kluwer Academic, 2003.
- [7] L. Bass, P. Clements, and R. Kazman, *Software Architecture in Practice*, 2nd ed. Reading, MA: Addison Wesley, 2003. [Online] Available: Safari e-book.
- [8] M. W. Dixon, "Application of neural networks to solve the routing problem in communication networks," Ph.D. dissertation, Murdoch Univ., Murdoch, WA, Australia, 1999.
- [9] Muchammad F.M, Kurniawan P.Y., A. Syaefudin., Aditama T. Penentuan Kelas Resiko Didarat Menggunakan Metodologi Sora (Specific Operation Risk Assesment) Pada Aplikasi Drone Penyiraman Topxgun: Jurnal TNI Angkatan Udara (Vol. 3 No. 4, 2024
- [10] Kharisma Syahputri dan Muhammad Irwan Padli Nasution. Peran Database Dalam Sistem Informasi Manajemen. *Jurnal Akuntansi Keuangan dan Bisnis*, 1(2) (2023) 54-58.
- [11] Setya Yuwana Sudikan, Titik Indarti, & Faizin. (2023). *Metode Penelitian & Pengembangan (Research & Development) Dalam Dunia Pendidikan dan Pembelajaran*.
- [12] Norman, D. A. (2013). *The Design of Everyday Things: Revised and Expanded Edition*. Basic Books.
- [13] Preece, J., Rogers, Y., & Sharp, H. (2015). *Interaction design: Beyond human-computer interaction (4th ed.)*. John Wiley & Sons.
- [14] Choi, M., Park, J. H., & Park, J. H. (2021). A study on the unmanned aerial vehicle control system based on geo-fencing technology. *Journal of Advanced Transportation*, 2021.