

PERANCANGAN KONSEP AERODROME MAPPING MENGGUNAKAN SOFTWARE QGIS DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL SOEKARNO HATTA

Sadanah Alifah^{1*}, Lina Rosmayanti², Susi Suhardianti³

^{1,2}Politeknik Penerbangan Indonesia Curug; Tangerang; (021) 5982204

Keywords:

Aerodrome Mapping Data Sets;
AIM;
QGIS.

Correspondent Email:

17sadanahalifah@gmail.com

Abstrak. Transisi Aeronautical Information Services (AIS) ke Aeronautical Information Management (AIM) menuntut ketersediaan data aeronautika digital dan interoperabel, termasuk Aerodrome Mapping Data Sets (AMDS). Namun, data yang tersedia menunjukkan bahwa AMDS belum tersedia di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk merancang konsep aerodrome mapping menggunakan software QGIS di Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta dengan memanfaatkan citra satelit sebagai langkah awal pengembangan AMDS di Indonesia. Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) Level 1. Dimulai dengan studi pendahuluan dan pengumpulan data melalui studi pustaka, kajian citra satelit dan wawancara. Proses perancangan konsep menggunakan software QGIS Desktop 3.26 dan PostgreSQL, mengacu pada ICAO Doc 10066 Appendix 1 (AIM Data Catalogue) dan Aircav Indonesia DQR. Rancangan konsep ini juga mengintegrasikan visualisasi kondisi operasional aerodrome berdasarkan NOTAM menggunakan rule-based symbology. Validasi rancangan dilakukan melalui wawancara dengan GIS Specialist/Personil AIS dan Assistant VP of AIM Planning Aircav Indonesia, untuk memastikan kesesuaian dan kelayakan. Hasil penelitian adalah terbuatnya rancangan konsep aerodrome mapping yang sudah sesuai dan layak untuk dikembangkan lebih lanjut. Meskipun menggunakan data sekunder, rancangan konsep ini memberikan gambaran awal yang penting untuk implementasi AMDS di Indonesia.

Abstract. The transition from Aeronautical Information Services (AIS) to Aeronautical Information Management (AIM) requires the availability of digital and interoperable aeronautical data, including Aerodrome Mapping Data Sets (AMDS). However, available data shows that AMDS is not yet available in Indonesia. This study aims to design an aerodrome mapping concept using QGIS software at Soekarno Hatta International Airport, utilizing satellite imagery as secondary data as an initial step in developing AMDS in Indonesia. This research uses the Research and Development (R&D) Level 1 method. It begins with a preliminary study and data collection through literature review, satellite image analysis, and interviews. The concept design process uses QGIS Desktop 3.26 and PostgreSQL software, referencing ICAO Doc 10066 Appendix 1 (AIM Data Catalogue) and Aircav Indonesia DQR. This concept design also integrates visualization of aerodrome operational conditions based on NOTAM using rule-based symbology. The design was validated through interviews with GIS Specialists, AIS personnel and the Assistant VP of AIM Planning at Aircav Indonesia to ensure its suitability and feasibility. The research resulted in the creation of an aerodrome mapping concept design that is suitable and feasible for further development. Although it uses secondary data, this concept design provides an important initial overview for the implementation of AMDS in Indonesia.



Copyright © [JITET](http://www.jitet.org) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pesat dalam ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang penerbangan telah meningkatkan kualitas pelayanan dan menciptakan peralatan canggih [1]. Sejalan dengan hal ini, kualitas informasi aeronautika juga harus ditingkatkan untuk memenuhi persyaratan *Global Air Traffic Management* (ATM). Oleh karena itu, diperlukan transisi dari *Aeronautical Information Services* (AIS) konvensional yang berpusat pada produk menjadi *Aeronautical Information Management* (AIM) yang berpusat pada data [2]. AIM sangat penting untuk menjaga keselamatan dan efisiensi operasi penerbangan, memastikan bahwa semua *stakeholder* memiliki akses ke data penerbangan yang *real-time* dan interoperabel [3].

Salah satu komponen penting dalam implementasi AIM adalah penyediaan *Aerodrome Mapping Data Sets* (AMDS), yang merupakan representasi digital dari elemen-elemen *aerodrome* seperti *runway*, *taxiway*, *apron*, dan lainnya [4]. Data ini menjadi fondasi untuk mendukung pengaplikasian yang meningkatkan kesadaran situasional (*situational awareness*) dari pengguna atau melengkapi *surface navigation*, sehingga meningkatkan margin keselamatan dan efisiensi operasional [5].

Upaya global ini didukung oleh strategi ICAO melalui dokumen *Global Air Navigation Plan* (GANP), yang menjadi acuan pengembangan sistem navigasi udara bagi negara anggota. Salah satu komponennya adalah *Aviation System Block Upgrade* (ASBU), dengan elemen DAIM-B1/5 – *Provision of Digital Aerodrome Mapping Data Sets*, yang mendorong ketersediaan AMDS dalam format digital, terbaca mesin, dan dapat diintegrasikan antar sistem informasi penerbangan [6].

Namun, hingga saat ini, Indonesia belum memiliki AMDS yang tersedia pada bandara manapun. Informasi *aerodrome* yang tercantum dalam AIP Indonesia masih bersifat statis dalam format PDF dan belum dilengkapi struktur spasial yang memungkinkan analisis atau pertukaran data secara otomatis. Padahal, dalam Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 9 Tahun 2023, dinyatakan bahwa AMDS harus disediakan

untuk bandara yang melayani penerbangan internasional secara reguler [7].

Tingginya pertumbuhan lalu lintas udara di bandara internasional terutama di Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta yang merupakan bandara tersibuk di Indonesia [8] dan tersibuk ketiga di Asia Tenggara pada 2025 [9] mendorong perlunya peningkatan sistem informasi *aerodrome* secara digital [10]. Dengan kondisi saat ini, untuk meningkatkan efisiensi operasi penerbangan dan memastikan kepatuhan terhadap regulasi yang berlaku, AMDS sangat diperlukan. Sebagai contoh, dengan menyediakan informasi yang dapat diakses dalam bentuk *digital aerodrome chart* yang menyajikan informasi secara *real-time* dan terintegrasi dengan NOTAM, sehingga mendukung proses *collaborative decision making* (CDM) dan kesadaran situasional (*situational awareness*) di antara pengguna [11].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang konsep awal AMDS dengan pendekatan *Geographic Information System* (GIS) yang memanfaatkan citra satelit resolusi tinggi sebagai langkah awal implementasi AMDS dalam mendukung implementasi AIM. Selain itu, hasil rancangan ini juga ditujukan untuk mendukung instansi terkait, seperti AirNav Indonesia, regulator penerbangan, dan otoritas bandara dalam menyusun kebijakan maupun sistem operasional yang mengarah pada implementasi AMDS.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka ini bertujuan untuk memberikan landasan teoritis yang mendasari penelitian yang dilakukan. Dalam subbab ini, akan dibahas berbagai definisi kunci yang relevan dengan topik penelitian [12].

2.1 Aerodrome Mapping

Aerodrome mapping (pemetaan bandar udara) adalah proses pengumpulan dan pengolahan data geografis yang terkait dengan fasilitas *aerodrome*, seperti *runway*, *taxiway*, *apron*, dan struktur vertikal untuk mendapatkan *aerodrome mapping data* [13]. Data ini digunakan untuk meningkatkan kesadaran situasi (*situational awareness*) dan navigasi di *aerodrome*, serta untuk memastikan keamanan dan efisiensi operasional [5].

Menurut ICAO Annex 15 *Aeronautical Information Services*, *aerodrome mapping data*

(AMD) adalah data yang dikumpulkan untuk menyusun informasi pemetaan bandar udara. Data-data yang dikumpulkan tersebut membentuk sebuah data set terstruktur yang disediakan sebagai salah satu *digital data sets* dalam produk informasi aeronautika untuk memfasilitasi dan mendukung penggunaan pertukaran data set antara penyedia data dan user. [4]

2.2 Software QGIS

Software QGIS adalah perangkat lunak sistem informasi geografis (SIG) yang digunakan untuk membuat, mengedit, dan memvisualisasikan data spasial. QGIS merupakan perangkat lunak SIG *opensource* yang gratis untuk digunakan dan dikembangkan secara terbuka oleh seluruh orang. QGIS juga mendukung integrasi dengan berbagai sumber data SIG online seperti Google Earth dan OSM (OpenStreetMap), serta berbagai sumber data lain seperti Database Tampilan Website data spasial dan sensori [14].

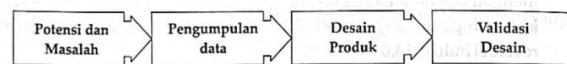
Dengan kemampuan yang komprehensif dalam pengelolaan data spasial dan analisis spasial, kemudian dapat menampilkan visualisasi dari data tersebut, QGIS menjadi *software* yang efektif untuk mendukung proses pembuatan perancangan konsep *aerodrome mapping* [15].

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian dan pengembangan yang dalam bahasa Inggris bernama Research and Development (R&D). Sesuai dengan namanya, R&D dapat dipahami sebagai kegiatan penelitian yang diawali dengan meneliti, kemudian dilanjutkan dengan pengembangan [16]. Dalam perspektif Borg & Gall, metode R&D merupakan metode yang digunakan untuk mengembangkan dan memvalidasi sebuah produk [17].

Menurut Richey, and Kelin (2010), penelitian dan pengembangan mempunyai empat tingkatan, yaitu meneliti tanpa menguji (level 1), menguji tanpa meneliti (level 2), meneliti dan menguji untuk mengembangkan produk yang sudah ada (level 3) dan meneliti dan menguji dalam menciptakan produk baru (level 4) [17]. Pada penelitian ini, penulis menggunakan jenis metode Research and Development Level 1.

Gambar 1. Metode Penelitian R&D Level 1



Sumber: Sugiyono, 2019

3.1 Instrumen Perancangan

Instrumen yang digunakan berupa rancangan konseptual *aerodrome mapping* berbasis sistem informasi geografis (SIG). Rancang bangun sistem ini terdiri dari tiga komponen utama:

3.1.1. Software QGIS

Dengan integrasi dengan citra satelit resolusi tinggi, *software* QGIS digunakan sebagai alat utama untuk *digitasi* dan visualisasi peta digital.

3.1.2. Software PostgreSQL

Dengan ekstensi PostGIS sebagai *Database Management System*.

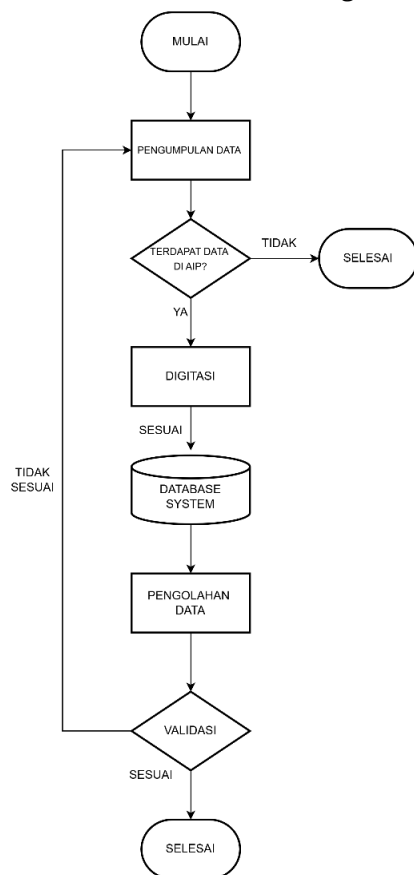
3.1.3. Template struktur data

Mengacu pada dokumen ICAO Doc 10066 Appendix 1 (*AIM Data Catalogue*) dan *Data Quality Requirement* Aircn Indonesia, sebagai dasar dalam menentukan data yang digunakan.

3.2 Alur Perancangan

Perancangan konsep *aerodrome mapping* dirancang menggunakan *software* QGIS Desktop 3.26 dan *software* PostgreSQL dengan langkah:

Gambar 2. Alur Perancangan



Sumber: Penulis

3.3 Teknik Pengujian

Pengujian dalam penelitian ini dilakukan melalui proses validasi terhadap rancangan konsep *aerodrome mapping* yang telah disusun. Validasi dilakukan melalui wawancara tidak terstruktur dengan dua narasumber ahli dari bidang yang relevan, yaitu:

- GIS *Specialist* sekaligus Personel AIS
- Assistant VP of AIM *Planning* sekaligus Tenaga pengajar ahli AIS

Aspek yang divalidasi mencakup:

- Kesesuaian kebutuhan pengguna
- Validitas dan sumber data yang digunakan
- Metode dan sistem pengelolaan AMDS mencakup kesesuaian konsep dengan arah pengembangan AIS to AIM dan potensi kendala serta rekomendasi pengembangan sistem.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan metode R&D Level 1. Pada tahap pertama dilakukan *preliminary research* untuk menemukan potensi dan masalah terkait ketersediaan AMDS di Indonesia melalui studi pustaka terhadap regulasi, dokumen AIP, dan wawancara tidak terstruktur. Berdasarkan hasil *preliminary research*, AMDS harus tersedia untuk bandara internasional namun hingga saat ini AMDS belum tersedia di Indonesia. Kemudian diketahui bahwa data terkait *layout aerodrome* di Bandara Soekarno Hatta sebagai bandara internasional tersibuk hanya disajikan dalam bentuk statis melalui *aerodrome chart*. Informasi tersebut tidak tersedia dalam format data spasial. Keberadaan AMDS dinilai sangat penting dalam mendukung transformasi digital dan mendukung proses transisi dari AIS ke AIM. Sebagai langkah awal, Airnav Indonesia telah menyusun *Data Quality Requirements* (DQR) yang diselaraskan dengan kebutuhan pengguna dan mengacu pada standar ICAO.

Potensi dan masalah yang telah ditemukan kemudian dilakukan pengumpulan data dengan wawancara *need assessment*, studi pustaka dan kajian visual citra satelit. Wawancara ini dilakukan untuk menganalisa dan mengumpulkan informasi mengenai kebutuhan yang harus dipenuhi dalam merancang konsep *aerodrome mapping* [18]. Hasil dari pengumpulan data adalah penyediaan data *aerodrome* yang tersedia saat ini dalam AIP masih belum efisien, karena bersifat statis dan belum tersedianya data spasial. Narasumber menilai bahwa penyediaan AMDS sangat penting untuk mendukung pertukaran data yang lebih cepat, akurat, dan sesuai dengan kebutuhan implementasi AIM. Penggunaan QGIS sebagai alat perancangan konsep dinilai tepat, karena bersifat *open-source*, fleksibel, dan cukup mumpuni untuk tahap pengembangan awal. Kemudian mengumpulkan data juga dari ICAO Doc 10066 PANS-AIM Appendix 1 (AIM *Data Catalogue*) dan *Data Quality Requirements* (DQR) milik Airnav Indonesia sebagai acuan dalam menentukan elemen-elemen yang harus dimuat dalam *aerodrome mapping data sets* serta kualitas data yang harus dipenuhi.

Data yang digunakan untuk integrasi ke DBMS berasal dari AIP Indonesia Vol. II. Tampilan Bandar Udara Internasional Soekarno

Hatta ditampilkan dengan citra satelit resolusi tinggi terkini. Dengan *Coordinate Reference System* (CRS) yang digunakan adalah WGS-84 EPSG:4326. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan Google Earth yang terintegrasi di QGIS karena Google Earth menyediakan citra satelit resolusi tinggi, yang menjadikan Google Earth alat yang efektif, efisien, dan terjangkau, termasuk dalam menampilkan visual *aerodrome* [19]. Citra satelit terkini yang ditampilkan pada tanggal 19 April 2024.

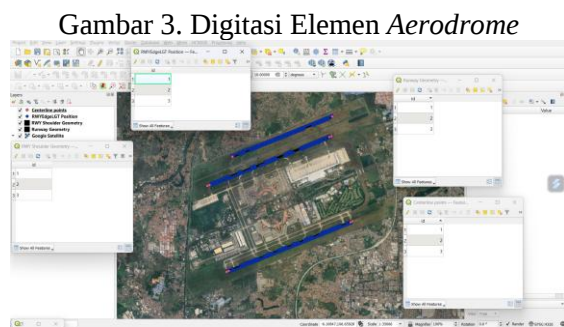
Dari data yang telah dikumpulkan, penulis mulai merancang konsep *aerodrome mapping* di Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta dengan langkah-langkah:

4.1 Identifikasi

Identifikasi fitur-fitur *aerodrome* yang disediakan sebagai *aerodrome mapping data sets* yang merujuk pada ICAO Doc 10066 PANS-AIM Appendix 1 (AIM Data Catalogue) dan Airmav Data Quality Requirements (DQR).

4.2 Digitasi

Proses digitasi menggunakan metode digitasi manual dengan "*Digitizing High-Resolution in Google Earth*". Pendekatan ini sepenuhnya mengandalkan pada georeferensi gambar dasar yang tersedia di Google Earth yang terintegrasi ke dalam QGIS [20].



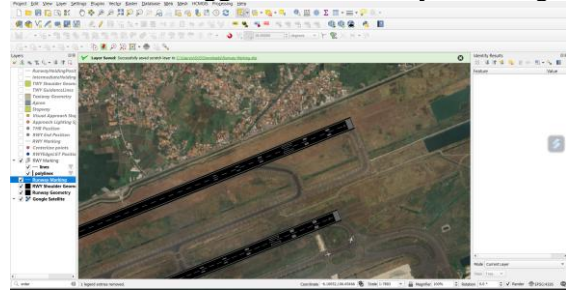
Gambar 3. Digitasi Elemen Aerodrome

Sumber: QGIS Desktop

Dalam tahap ini, fitur-fitur aerodrome didigitasi dan diklasifikasikan ke dalam tiga jenis geometri spasial, yaitu:

- Polygon*, untuk fitur seperti *apron* dan *runway* yang memiliki luasan.
- Line*, untuk objek linear seperti *taxiway* dan *guidance line*.
- Point*, untuk elemen-elemen titik seperti *aircraft stand position*.

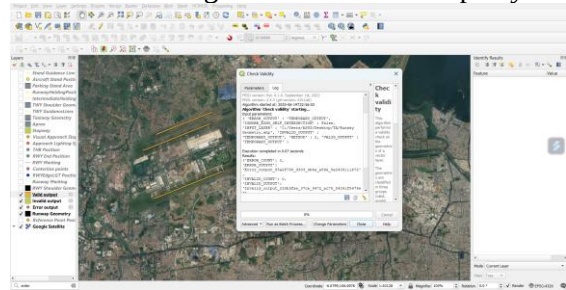
Gambar 4. Penggambaran *Runway Marking*



Sumber: QGIS Desktop

Runway marking digambar menggunakan AutoCAD sesuai dengan ketentuan pada Annex 14 Volume I dan disesuaikan dengan koordinat RWY THR. Hasil penggambaran diimpor ke dalam *software* QGIS dan digabung ke *project* yang berisi hasil digitasi.

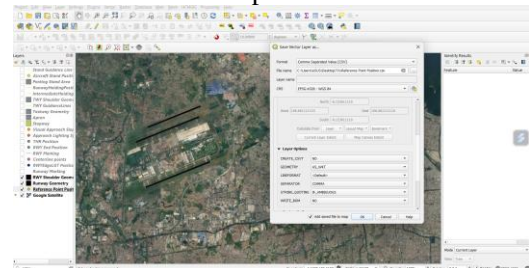
Gambar 5. Pengecekan Validitas Tiap Layer



Sumber: QGIS Desktop

Kemudian dilakukan pengecekan validitas koordinat dari tiap layer menggunakan tools 'Check Validity'. Bertujuan untuk memastikan tidak adanya kesalahan geometri seperti *self-intersection*, *overlaps*, atau geometri yang tidak valid.

Gambar 6. Ekspor ke Format .csv



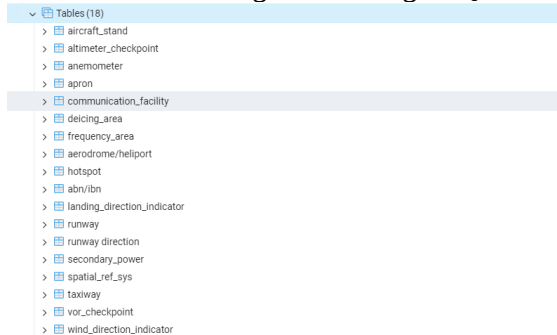
Sumber: QGIS Desktop

Seluruh fitur yang telah didigitasi kemudian diekspor ke dalam format Comma Separated Values (.csv) dengan opsi 'Geometry' dipilih sebagai 'AS_WKT' untuk menampilkan

data koordinat dalam bentuk Well-Known Text (WKT).

4.3 Integrasi ke Database System

Gambar 7. Integrasi ke PostgreSQL



Sumber: PostgreSQL

Data spasial dari hasil digitasi dan atribut lain yang telah diidentifikasi diintegrasikan ke database system PostgreSQL ber-ekstensi PostGIS dengan membuat tabel berdasarkan struktur data dari AIM *Data Catalogue*. Data koordinat dikonversi ke geometri spasial menggunakan fungsi `ST_GeomFromText()` pada tabel kolom geometri [21].

4.4 Pengolahan Data

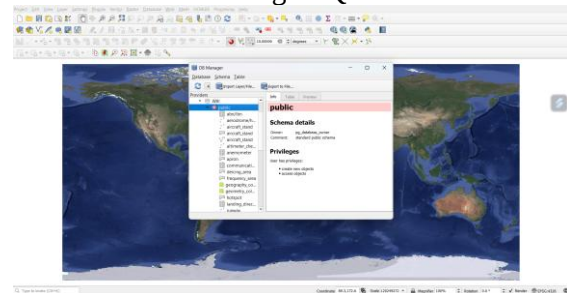
Gambar 8. Relasi antar Tabel



Sumber: PostgreSQL

Tahapan ini mencakup pembentukan relasi antar tabel berdasarkan struktur data dari AIM *Data Catalogue*. Setiap tabel saling terhubung melalui kunci primer (*primary key*) dan kunci asing (*foreign key*), sehingga memungkinkan integrasi data secara relasional.

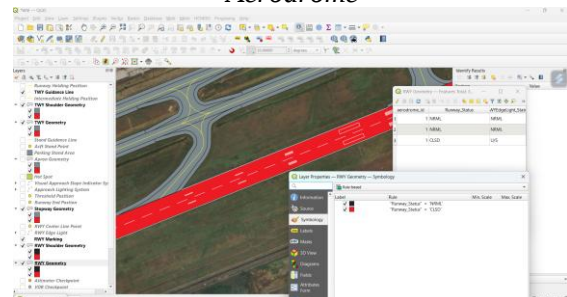
Gambar 9. Visualisasi ke QGIS dari PostgreSQL



Sumber: QGIS Desktop

Kemudian dilakukan visualisasi data spasial dengan menghubungkan database PostgreSQL ke QGIS, yang memungkinkan pengguna untuk menampilkan dan mengedit fitur spasial secara langsung. Pengeditan ini meliputi koreksi geometri, pengisian atau pembaruan atribut, serta penyesuaian tampilan peta untuk keperluan analisis.

Gambar 10. Visualisasi Kondisi Operasional Aerodrome



Sumber: QGIS Desktop

Selain itu, pengolahan data juga mencakup integrasi informasi dinamis berupa status operasional elemen aerodrome berdasarkan data NOTAM digital. Informasi ini divisualisasikan di QGIS menggunakan metode *rule-based symbology*, dengan menandai runway yang *closed* atau *normal* melalui atribut status. Hal ini bertujuan untuk memberikan gambaran kondisi terkini secara visual dalam mendukung operasional dan pengambilan keputusan.

4.5 Validasi

Tahap validasi ini bertujuan untuk mengkaji dan mengevaluasi hasil desain yang telah dibuat penulis [22]. Validasi dilakukan melalui wawancara tidak terstruktur dengan dua

narasumber ahli dari bidang yang relevan, yaitu:

1. GIS Specialist sekaligus Personel AIS
2. Assistant VP of AIM Planning sekaligus

Tenaga pengajar ahli AIS

Berikut merupakan reduksi data dari tahap validasi rancangan yang penulis lakukan:

Gambar 11. Hasil Tahap Validasi Rancangan

Indikator	Bentuk Pertanyaan	Sudah	Belum	Keterangan
Kebutuhan Pengguna	1. Apa saja kebutuhan pengguna yang harus diperhatikan dalam merancang konsep <i>aerodrome mapping</i> ?			Pengguna membutuhkan data spasial yang akurat dan lengkap yang mencakup elemen-elemen <i>aerodrome</i> . Data harus disimpan dalam format terstruktur di <i>database</i> dan dapat divisualisasikan menggunakan <i>software GIS</i> . Selain itu, harus sesuai dengan standar ICAO dan DQR, agar dapat digunakan untuk kebutuhan AIS.
	2. Apakah rancangan konsep <i>aerodrome mapping</i> ini sudah sesuai dengan kebutuhan pengguna?	✓		Mampu menggambarkan konsep penyediaan AMDS. Peta digital memberikan kemudahan dalam pengelolaan <i>aerodrome</i> dan menjadi fondasi awal dalam transisi menuju AIM.
Verifikasi dan Validasi Data	3. Apakah data yang dikumpulkan sudah sesuai dengan data yang dibutuhkan dalam perancangan konsep <i>aerodrome mapping</i> ?	✓		Data mencakup geometri dan atribut lainnya dengan struktur tabel relasional serta sudah berdasarkan AIM <i>Data Catalogue</i> dan DQR <i>Airway Indonesia</i> .
	4. Apakah data yang dikumpulkan sudah berdasarkan sumber-sumber data yang valid?	✓		Valid untuk perancangan konsep. Data berasal dari AIP Indonesia Vol. II dan data <i>geometrinya</i> , didapatkan dari <i>digitasi</i> citra satelit resolusi tinggi.
	5. Apakah data sekunder yang digunakan dalam perancangan ini sudah valid untuk menyusun konsep <i>aerodrome mapping</i> ?	✓		Data spasial <i>aerodrome</i> sudah dilakukan pengujian geometri untuk memastikan tidak ada kesalahan spasial sehingga data dapat dikatakan merepresentasikan kondisi riil dengan baik berdasarkan citra satelit.
	6. Apakah tahapan yang digunakan dalam merancang konsep <i>aerodrome mapping</i> ini sudah sesuai dengan standar pengolahan data spasial untuk <i>aerodrome mapping dataset</i> ?	✓		Meskipun data yang digunakan adalah data sekunder dari citra satelit, tahapan yang dilakukan tetap sesuai dan sah untuk pengembangan konsep. Bahkan jika tersedia data primer, seperti hasil foto udara atau survei GNSS oleh originator, prosedur tetap sama yaitu akan dilakukan <i>digitasi</i> sehingga menghasilkan data spasial sesuai standar DQR. Selanjutnya, data diserahkan ke PIA, lalu melalui alur kerja di PIA hingga integrasi ke dalam <i>database sistem</i> .
Metode dan Sistem	7. Apakah desain sistem telah terintegrasi dengan baik antara QGIS dan <i>database PostgreSQL</i> ?	✓		<i>Terkoneksi</i> dengan baik.
	8. Apakah data spasial <i>aerodrome</i> sudah digambarkan dengan geometri dan atribut yang sesuai?	✓		Dengan pengujian geometri dan setiap geometri dilengkapi atribut yang relevan. Selain itu, terdapat relasi antar fitur.
	9. Apakah rancangan konsep <i>aerodrome mapping</i> ini memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut agar sesuai dengan format AIXM (<i>Aeronautical Information Exchange Model</i>) dan layak untuk dikembangkan lebih lanjut menjadi sistem operasional?	✓		Struktur data dan relasi yang ada menjadi fondasi awal, namun masih diperlukan tahapan lanjutan untuk dikembangkan ke format AIXM.
	10. Apakah rancangan konsep ini berpotensi mendukung integrasi data NOTAM secara digital dan <i>real-time</i> di masa mendatang?	✓		Dengan penambahan atribut 'Status' pada elemen-elemen <i>aerodrome</i> yang dapat menampung nilai <i>closed</i> dan normal menggunakan metode <i>rule-based symbology</i> di QGIS, perubahan status dari NOTAM dapat ditampilkan langsung dalam bentuk visual.
	11. Apakah dengan perkembangannya, perancangan konsep ini memiliki potensi meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional penerbangan?	✓		Jika dikembangkan lebih lanjut menjadi format AIXM, struktur data dalam penelitian ini dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan operasional sesuai ICAO Doc 10066 PANS-AIM.
	12. Apa saja hal yang perlu diperbaiki atau ditingkatkan dari rancangan konsep ini, serta potensi kendala yang mungkin timbul jika sistem ini diterapkan secara operasional?			Potensi kendala meliputi keterbatasan SDM dalam pengelolaan data spasial, belum adanya sistem pembaruan data secara <i>real-time</i> , serta struktur data yang belum mengadopsi format AIXM sehingga belum siap untuk integrasi penuh ke dalam sistem AIM.

Sumber: Penulis

Hasil validasi menunjukkan bahwa Validasi para ahli menyatakan bahwa rancangan ini telah memenuhi aspek teknis dan kebutuhan pengguna, khususnya dalam konteks perancangan konsep. Meskipun data yang digunakan masih bersifat sekunder, tahapan yang digunakan sudah dianggap sesuai. Penambahan atribut 'Status' pada elemen spasial juga menunjukkan bahwa sistem ini sudah mulai mengakomodasi informasi dinamis seperti NOTAM, meskipun belum terhubung secara *real-time*. Para ahli juga menyatakan bahwa rancangan konsep yang disusun memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut menuju sistem operasional yang sesuai dengan format AIXM, serta dapat mendukung transisi AIS to AIM. Tantangan yang dihadapi adalah ketersediaan data primer dari originator, belum tersedianya sistem nasional yang terintegrasi, serta kesiapan infrastruktur dan sumber daya manusia. Meskipun masih bersifat konseptual, penelitian ini diharapkan dapat menjadi kontribusi awal dalam pengembangan AMDS di Indonesia.

5. KESIMPULAN

- a. Berdasarkan temuan penelitian, hingga saat ini, *Aerodrome Mapping Data Sets*
- b. (AMDS) belum tersedia di Indonesia. Informasi *aerodrome* dalam AIP Indonesia masih berupa data grafis statis (PDF) dan belum memiliki data spasial yang dapat dianalisis atau diintegrasikan secara digital.
- c. Rancangan konsep *aerodrome mapping* menggunakan *software QGIS* telah dibuat dan divalidasi oleh validator yang berwenang.
- d. Rancangan konsep yang disusun dalam penelitian ini dapat dijadikan sebagai konsep awal yang dapat dikembangkan lebih lanjut oleh unit AIS menjadi sistem operasional berbasis AIXM.
- e. Rancangan konsep dalam penelitian ini sudah mendukung penambahan atribut *status* yang berfungsi menampilkan kondisi operasional *aerodrome*. Dengan fitur ini, penelitian ini berpotensi untuk dikembangkan oleh *stakeholder* untuk integrasi ke sistem NOTAM digital, agar perubahan informasi *aerodrome* dapat ditampilkan secara visual dan *real-time*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini, terutama kepada para personel di Kantor Pusat Airtel Indonesia dan kepada pihak akademis atas dukungan yang tak pernah putus, kerja sama, dan wawasan yang berharga selama penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Agustini, Y. Kareng, and O. A. Victoria, "The Role of ICAO (International Civil Aviation Organization) in Implementing International Flight Safety Standards," *KnE Soc. Sci.*, vol. 2020, no. Iwpospa, pp. 100–114, 2021, doi: 10.18502/kss.v5i1.8273.
- [2] G. B. Muthoni, "THE INTERNATIONAL JOURNAL OF BUSINESS & MANAGEMENT Successful Implementation of Aeronautical Information Management: Does Change Management and Organizational Culture Matter? Evidence from Kenya," vol. 12, no. 8, pp. 89–96, 2024.
- [3] S. D. Salenko and N. V. Kurlaev, "Digital Technologies of Integrated Information Support of Aviation Products in Aerospace Education.," *Alma mater. Vestn. Vyss. Shkoly*, 2023.
- [4] ICAO, *ICAO Annex 15 - Aeronautical Information Services Sixteenth Edition*. Montreal: ICAO, 2018.
- [5] ICAO, *ICAO Doc 10066 Procedures for Air Navigation Services - Aeronautical Information Management First Edition*. Montreal: ICAO, 2018.
- [6] ICAO, "Global Air Navigation Planning Portal," 2019.
- [7] Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, "Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 9 Tahun 2023 Tentang Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 175 Tentang Penyelenggara Pelayanan Informasi Aeronautika." pp. 1–48, 2023.
- [8] BPS, "Jumlah Penumpang Pesawat di Bandara Utama (Orang), 2024." [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NjYjMg==/jumlah-penumpang-pesawat-di-bandara-utama.html>
- [9] A. W. L. OAG, "SOUTHEAST ASIA AVIATION MARKET DATA." [Online]. Available: <https://www.oag.com/south-east-asia-aviation-flight-data>
- [10] C. Koopman, J. Gauci, A. Muscat, A. Dingli, and Z.-M. David, "Real-Time Aerodrome Detection Using Deep Learning Methods," in *IEEE/AIAA 41st Digital Avionics Systems Conference (DASC)*, Portsmouth: IEEE, 2022. doi: 10.1109/DASC55683.2022.9925847.
- [11] M. M. Morărașu and C. H. Roman, "Transforming Notams to Digital Notams: an Ai-Powered Approach to Enhance Aeronautical Information Management," in *Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS)*, Brussels: IEEE, 2025. doi: 10.1109/ICNS65417.2025.10976803.
- [12] M. Ridwan, S. AM, B. Ulum, and F. Muhammad, "Pentingnya Penerapan Literature Review pada Penelitian Ilmiah," *J. Masohi*, vol. 2, no. 1, p. 42, 2021, doi: 10.36339/jmas.v2i1.427.
- [13] International Civil Aviation Organization (ICAO), *Annex 14 Vol.1 - Aerodromes Design & Operations*, vol. I. 2016.
- [14] N. T. Putra, M. S. Informasi, U. D. Bangsa, J. Jend, and S. T. Telp, "Implementasi Sistem Informasi Geografis Lokasi Pertambangan Batu Bara Menggunakan Quantum GIS," vol. 9, no. 1, pp. 105–117, 2024.
- [15] D. Prusov and O. V. Boyko, "The Conceptual Model of The Structure and Functional Purpose of The Geoinformation System for Administrative and Economic Management of a Regional Airport," *Geod. Cartogr.*, vol. 48 No.2, 2022, doi: 10.3846/gac.2022.12570.
- [16] Z. Risal, R. Hakim, and A. R. Abdullah, *Metode Penelitian dan Pengembangan Research and Development (R&D) – Konsep, Teori-Teori, dan Desain Penelitian*. Malang: CV. Literasi Nusantara Abadi, 2022.
- [17] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*, vol. 11, no. 1. Bandung: Cv. Alfabeta, 2019.
- [18] A. Saputri and A. M. Hirzan, "Aplikasi Manajemen Inventori Berbasis Mobile Menggunakan Flutter Dan Firebase Realtime Database," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3, pp. 1586–1592, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4324.
- [19] M. Sugema and F. Rosyad, "Pemanfaatan Citra Satelit Google Earth Untuk Pembuatan Peta Tata Guna Lahan Kecamatan Kalidoni," *Ensiklopedia Res. Community Serv. Rev.*, vol. 4, no. 2, pp. 105–109, 2025, doi: 10.33559/err.v4i2.2937.
- [20] I. Gusrianda and A. Wibowo, "Spasial Temporal Penggunaan Lahan Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Menggunakan Google Earth Data," *J. Pendidik. Geogr. Undiksha*, vol. 12, no. 01, pp. 92–98, 2024, doi:

- 10.23887/jjpg.v12i01.69660.
- [21] N. Mamoulis, *Spatial Data Management*. 2023. [Online]. Available: <https://books.google.com/books?id=6z5grzUcPhoC&pgis=1>
- [22] M. Ayu *et al.*, “Desain Air Traffic Service Route Penerbangan Surabaya Menuju Singapura dan Malaysia Guna Efisiensi Penerbangan,” vol. 17, no. 1, pp. 282–290, 2024, [Online]. Available: <https://jurnal.sttkd.ac.id/DOI:https://doi.org/10.56521/manajemen-dirgantara.v17i1.1184https://jurnal.sttkd.ac.id/DOI:https://doi.org/10.56521/manajemen-dirgantara.v17i1.1184>