

Designing a Desktop Application for Ship Monitoring and AIS Data Storage Based on RTL-SDR and Raspberry Pi Using Python and PyQt

Perancangan Aplikasi Desktop Monitoring Kapal dan Penyimpanan Data AIS Berbasis RTL-SDR dan Raspberry Pi Menggunakan Python dan PyQt

Muhammad Abiraihan^{1*}, Rizkayeni Marta¹, Syukhri¹, Hadi Kurnia Saputra¹

¹ Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

✉ *Corresponding Author: abiraihan43@gmail.com

This article contributes to:



ABSTRACT

This research aims to develop a desktop application for Monitoring Ships and storing data from the Automatic Identification System (AIS) utilizing Realtek Software Defined Radio (RTL-SDR) and Raspberry Pi devices. The development method employed is the waterfall model, using Python and PyQt as the main programming languages. Black-box testing was conducted on the application, covering aspects such as decoding AIS messages, real-time monitoring, historical data storage, and statistical analysis of the data. The test results indicate that the application successfully addresses challenges faced by the simple AIS receiver, achieving the research objectives by accurately decoding AIS messages, monitoring ship journeys in real-time, storing AIS data as historical data, and presenting informative statistical data. Despite some lag, especially on the Raspberry Pi device, the application contributes positively with improved accuracy and functionality. Further evaluation, technological updates, and integration with other devices are expected to enhance the application's performance. The use of Python and PyQt provides a foundation for further development to enhance the quality of ship navigation systems. It is recommended to involve the decoding of other AIS message types in future research and to consider building a ship journey simulation system for an interactive user experience.

Keywords: Desktop Application; Automatic Identification System; Monitoring; Data Storage; Real-time

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan aplikasi desktop Monitoring Kapal dan penyimpanan data *Automatic Identification System* (AIS) yang memanfaatkan perangkat *Realtek Software Defined Radio* (RTL-SDR) dan Raspberry Pi. Metode pengembangan yang digunakan adalah metode *waterfall* dengan menggunakan Python dan PyQt sebagai bahasa pemrograman utama. Pengujian aplikasi dilakukan secara *black-box*, mencakup decode AIS *message*, monitoring real-time, penyimpanan data historis, dan statistik data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi dapat mengatasi kendala pada alat penerima AIS sederhana, memenuhi tujuan penelitian dengan berhasil mendekode AIS *message*, memonitor perjalanan kapal secara real-time, menyimpan data AIS sebagai data historis, dan menyajikan statistik data yang informatif. Meskipun terdapat sedikit lag, terutama pada perangkat Raspberry Pi, aplikasi memberikan kontribusi positif dengan peningkatan akurasi dan fungsionalitas. Evaluasi lebih lanjut, pembaruan teknologi, dan integrasi dengan perangkat lain diharapkan dapat meningkatkan performa aplikasi.

Penerapan Python dan PyQt membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam meningkatkan kualitas sistem navigasi kapal. Disarankan untuk melibatkan dekode AIS *message* tipe lain pada penelitian berikutnya dan membangun sistem simulasi perjalanan kapal untuk pengalaman interaktif pengguna.

Kata kunci: Aplikasi Dekstop; Automatic Identification System; Monitoring; Penyimpanan Data; Real-time

Received: Feb. 04, 2024; **Revised:** Feb. 20, 2024; **Accepted:** Apr. 05, 2024; **Published:** Jun. 30, 2024.

How to Cite: Abiraihan, M., Marta, R., Syukhri, & Saputra, H. K. (2024). Designing a Desktop Application for Ship Monitoring and AIS Data Storage Based on RTL-SDR and Raspberry Pi Using Python and PyQt. *Journal of Hypermedia & Technology-Enhanced Learning (J-HyTEL)*, 2(2), 101–121. <https://doi.org/10.58536/j-hytel.v2i2.118>

Published by Sagamedia Teknologi Nusantara.

The content of this publication has not been approved by the United Nations and does not reflect the views of the United Nations.

© The Author(s) 2024 | This is an open-access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



1. PENDAHULUAN

Bumi sebagian besar terdiri dari sekitar 71% air, sangat membantu pergerakan dan komunikasi di antara banyak tempat. Keberagaman kondisi geografis dan luasnya wilayah menciptakan tantangan khusus, terutama dalam konteks transportasi laut. Salah satu komponen penting dari masyarakat global adalah pelayaran, yang memungkinkan perdagangan, pertukaran budaya, dan konektivitas antara negara. Di tengah semua kompleksitas ini, sistem navigasi sangat penting untuk menjamin perjalanan yang aman dan efisien di lautan yang luas.

Menjaga keamanan kapal merupakan aspek krusial, sistem navigasi memainkan peran yang sangat penting. Sebagian besar kapal mengandalkan berbagai perangkat navigasi laut, termasuk kompas, peta, radar, dan *Global Positioning System* (GPS), guna membantu mereka menavigasi lautan yang luas. Navigasi laut tidak hanya berfungsi sebagai upaya pengamanan, tetapi juga sebagai panduan arah dan sarana komunikasi esensial saat berlayar di tengah laut [1].

Sistem Identifikasi Otomatis (*Automatic Identification System* or AIS) menjadi salah satu sistem navigasi otomatis yang paling umum digunakan dalam industri maritim. AIS berfungsi sebagai sistem yang dapat secara otomatis mengirim dan menerima informasi terkait data umum kapal. Penggunaan AIS diharapkan dapat meningkatkan tingkat keamanan dan keselamatan dalam operasi maritim [2]. Ketentuan mengenai penggunaan alat AIS tertulis dalam konvensi *International Maritime Organization* (IMO) pada bagian *Safety of Life at Sea* (SOLAS) *Chapter V*, yang secara rinci mengatur standar keselamatan pelayaran yang berlaku untuk semua jenis kapal [3].

AIS tidak hanya krusial untuk instansi pemerintahan terkait dan dinas departemen, namun juga memiliki peran pada lembaga pendidikan dimana data AIS dapat dipergunakan untuk berbagai penelitian serta pembelajaran [4]. SMK Negeri 3 Pariaman memiliki alat penerima AIS sederhana dengan memanfaatkan perangkat *Raspberry Pi* dan *RTL-SDR* namun implementasinya sepenuhnya masih mengalami kendala, seperti mengalami kesulitan dalam mendekode dengan akurat pesan AIS yang diterima. Ini dapat mengakibatkan ketidakmampuan dalam memahami informasi yang dikirim oleh kapal secara efektif, kemudian alat penerima AIS tidak dapat memberikan monitoring kapal secara real-time dengan optimal. Keterlambatan atau ketidakstabilan dalam pemantauan dapat mengurangi efektivitas alat sebagai sarana pengawasan. Berikutnya,

mengenai kapasitas penyimpanan data historis pada alat yang terbatas, mengakibatkan keterbatasan dalam menyimpan dan mengakses riwayat pergerakan kapal untuk keperluan analisis atau penelitian.

Oleh karena itu, diperlukan sebuah aplikasi yang mampu mencakup proses dekode AIS *message* secara efektif, memonitor kapal secara real-time, menyimpan data AIS sebagai data historis, dan dapat diimplementasikan pada perangkat *Raspberry Pi* dan *RTL-SDR*. Solusi ini diharapkan dapat secara signifikan mengatasi keterbatasan yang terdapat pada alat penerima AIS sederhana yang dimiliki oleh SMK Negeri 3 Pariaman. Implementasi solusi ini tidak hanya akan meningkatkan kinerja sistem navigasi mereka, tetapi juga membuka peluang baru untuk penelitian dan pembelajaran yang lebih efektif.

Dengan menerapkan solusi ini, lembaga pendidikan seperti SMK Negeri 3 Pariaman akan dapat memaksimalkan potensi data AIS untuk keperluan penelitian dan pembelajaran, membuka peluang untuk pemahaman yang lebih mendalam tentang pergerakan kapal, dan memberikan pengalaman praktis kepada siswa dalam menggunakan teknologi navigasi laut yang lebih canggih. Oleh karena itu, upaya ini bukan hanya sebagai langkah menuju peningkatan teknologi, tetapi juga sebagai investasi dalam keselamatan maritim, pengetahuan, dan perkembangan pendidikan di tingkat lokal.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Monitoring

Monitoring adalah sistem pemantauan yang digunakan untuk mendeteksi dan menyampaikan informasi tentang aktivitas seseorang dari jarak jauh, serta memberikan laporan status penggunaan [5]. Ini merupakan bagian integral dari proses pengumpulan informasi dan data yang bertujuan untuk menilai dampak secara konsisten dan objektif, serta meningkatkan efisiensi dan efektivitas program atau aktivitas. Dalam konteks maritim, monitoring mencakup berbagai kegiatan yang bertujuan untuk meningkatkan keamanan dan efisiensi operasi laut. Salah satu contoh penerapannya adalah pengawasan aktif perairan laut untuk mendeteksi dan merespons berbagai aktivitas. Selain itu, monitoring juga melibatkan navigasi dan pengendalian lalu lintas untuk mengurangi risiko tabrakan dan memastikan kepatuhan terhadap aturan navigasi. Penggunaan teknologi seperti satelit, radar, dan AIS membantu pengambilan keputusan yang tepat tentang keamanan perairan laut dengan mengumpulkan dan menganalisis data.

2.2 Data

Data merupakan representasi dari kejadian dan entitas nyata yang terjadi [6]. Secara lebih rinci, data dapat dijelaskan sebagai deskripsi tentang objek, peristiwa, aktivitas, dan transaksi yang tidak memiliki makna atau dampak langsung pada pengguna. Peran data sangat krusial dalam konteks analisis, pengambilan keputusan, dan pemahaman terhadap situasi atau fenomena tertentu. Data dapat diwujudkan dalam berbagai bentuk simbol, seperti karakter huruf, suara, angka, gambar, sinyal, dan lainnya. Pentingnya data terletak pada kemampuannya untuk memberikan landasan informasi yang diperlukan.

Namun, data perlu melalui proses lebih lanjut sebelum dapat digunakan secara optimal. Proses ini melibatkan transformasi data mentah menjadi informasi yang lebih berharga dan bermakna. Tempat penyimpanan data dapat berupa media komputer yang memiliki kapabilitas untuk menyimpan data dalam berbagai format, seperti

suara, gambar, teks, dan video. Dengan demikian, data bukan hanya menjadi catatan pasif, melainkan sumber daya yang dapat memberikan wawasan dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik.

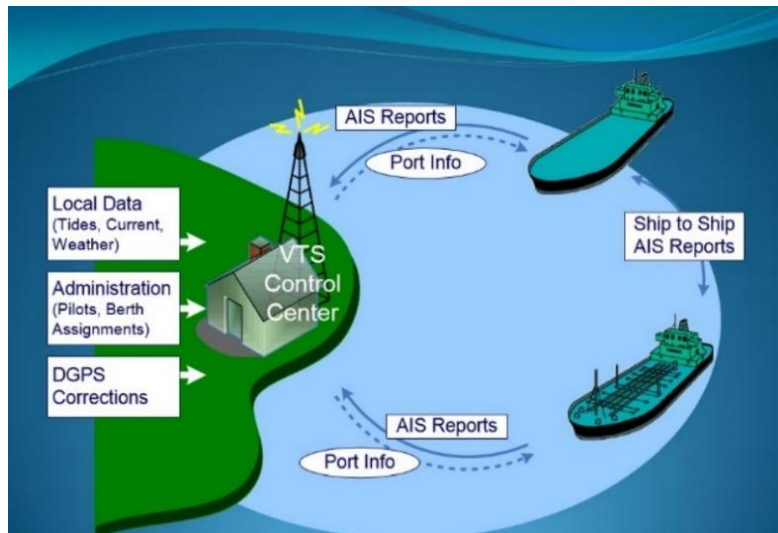
2.3 Penyimpanan Data

Penyimpanan data merupakan proses yang digunakan untuk menyimpan informasi dalam bentuk digital pada media penyimpanan. Informasi sendiri merupakan hasil dari pengolahan data yang memiliki nilai bagi penerima informasi dan dapat digunakan untuk mendukung proses pengambilan keputusan [6]. Untuk memperoleh informasi, diperlukan adanya data yang akan diolah dan unit pengolahan data.

Dalam konteks sistem informasi, penyimpanan data sering kali diidentifikasi dengan tabel yang ada dalam basis data. Ada berbagai bentuk penyimpanan data, termasuk basis data (*database*), sistem file, *cloud storage*, media penyimpanan fisik, dan *server storage*. Masing-masing bentuk penyimpanan memiliki karakteristik dan kegunaan tersendiri, tergantung pada kebutuhan dan persyaratan sistem yang digunakan. Dengan demikian, penyimpanan data menjadi elemen kunci dalam mengelola informasi dan memastikan ketersediaan data yang diperlukan untuk operasional dan pengambilan keputusan yang efektif.

2.4 Automatic Identification System (AIS)

AIS adalah suatu sistem yang dirancang untuk mengirim dan menerima informasi elektronik secara otomatis mengenai data umum kapal, bertujuan untuk meningkatkan keamanan dan keselamatan maritim [2]. Sinyal AIS ini dikirimkan melalui frekuensi radio *Very High Frequency* (VHF). Untuk transmisi AIS kelas A, digunakan frekuensi 87B (161,975 MHz), sementara frekuensi 88B (162,025 MHz) digunakan untuk transmisi AIS kelas B [7]. AIS kelas A mematuhi standar IMO dengan menggunakan sistem *Self-organized Time Division Multiple Access* (SO-TDMA), sedangkan AIS kelas B menggunakan sistem *Carrier-sense Time Division Multiple Access* (CS-TDMA).



Gambar 1. Automatic Identification System

Sinyal AIS terdiri dari 27 tipe data, di antaranya empat tipe berisi informasi dinamis kapal. Laporan posisi kapal kelas A disertakan dalam AIS *message* tipe 1, 2, dan 3, sedangkan laporan posisi kapal kelas B dapat ditemukan pada AIS *message* tipe 18. Informasi statis kapal, seperti data identifikasi, termasuk dalam AIS *message* tipe 5. Pentingnya semua informasi ini diutarakan dalam standar *World Geodetic System 1984* (WGS 84), dan data tersebut diwakili dalam bentuk kode 6-bit *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII) [9]. Dengan standar

ini, AIS menyediakan sistem yang terstruktur dan terstandarisasi untuk pertukaran informasi kapal, mendukung navigasi yang lebih aman dan efisien di perairan laut (lihat [Gambar 1](#)).

2.5 Raspberry Pi 4 Model B

Raspberry Pi merupakan sebuah personal komputer yang berukuran yang sangat kecil, hanya sebesar kartu kredit, serta Raspberry Pi dapat dibangun dan dikontrol sesuai kebutuhan pengguna [8]. Seperti komputer konvensional, pada perangkat ini kita dapat menginstal sistem operasi Linux. Raspberry dapat digunakan sebagai server web, *router*, pusat media, dan berbagai keperluan lainnya.



Gambar 2. Raspberry Pi 4 Model B

Raspberry Pi 4 Model B ([Gambar 2](#)) merupakan produk terkini dalam seri komputer Raspberry Pi. Perangkat ini menawarkan peningkatan yang signifikan dalam kecepatan prosesor, performa multimedia, kapasitas memori, dan konektivitas jika dibandingkan dengan model sebelumnya, Raspberry Pi 3 Model B+ [9]. Dengan fitur utama, seperti prosesor quad-core 64-bit yang kinerjanya tinggi, dukungan untuk dua tampilan hingga resolusi 4K melalui *port micro-HDMI*, dekode video perangkat keras hingga 4Kp60, hingga 8GB RAM, jaringan nirkabel *dual-band* 2,4/5,0 GHz, Bluetooth 5.0, *Ethernet Gigabit*, USB 3.0, dan kemampuan *Power over Ethernet* (PoE) melalui add-on PoE HAT (*Hardware Attached on Top*) terpisah, Raspberry Pi 4 Model B memberikan kinerja desktop yang setara dengan sistem PC x86 tingkat pemula.

2.6 RTL-SDR RTL2832U

RTL-SDR adalah perangkat USB DVB-T/Dongle yang awalnya dirancang untuk menangkap siaran televisi digital, tetapi dapat digunakan lebih luas sebagai penerima multimode dan multiband, berfungsi sebagai perangkat keras SDR (*Software Defined Radio*) [10]. RTL2832U, bagian dari perangkat ini, adalah demodulator basisband yang dirancang khusus untuk menerima sinyal DVB-T dan radio [11]. Meskipun demikian, aplikasi RTL2832U tidak terbatas pada fungsi tersebut. Perangkat RTL-SDR RTL2832U dapat di lihat pada [Gambar 3](#).

RTL2832U mendukung Zero-IF (*Intermediate Frequency Nol*) dan frekuensi IF rendah, dengan tingkat sampel maksimum sebesar 3.2 MS/s. Perangkat ini menerima sinyal IF I/Q (*In-phase/Quadrature*) dari IC tuner analog dan mengeluarkan sampel I/Q berkekuatan 8 bit. RTL2832U dilengkapi dengan ADC (*Analog-to-Digital Converter*) dan DSP (*Digital Signal Processor*). Melalui proses DDC (*Digital Down-Conversion*) menggunakan mixer I/Q (fase terpisah 90 derajat), penyaringan pasband digital, resampling I/Q, perangkat ini mengirimkan

data I/Q berkekuatan 8 bit melalui port USB [12]. Dengan demikian, RTL-SDR menyediakan fleksibilitas yang luas untuk penerimaan sinyal radio dan penggunaan dalam berbagai aplikasi SDR.



Gambar 3. RTL-SDR RTL2832U

2.7 Bahasa Pemrograman Python

Python adalah salah satu bahasa pemrograman berorientasikan objek (OOP) paling populer yang mendukung pemrograman *multiplatform*. Python menggunakan interpreter untuk menjalankan kode programnya, yang memungkinkan penerjemahan kode secara langsung. Selain itu, Python dapat digunakan di berbagai sistem operasi, seperti Windows dan Linux [13].

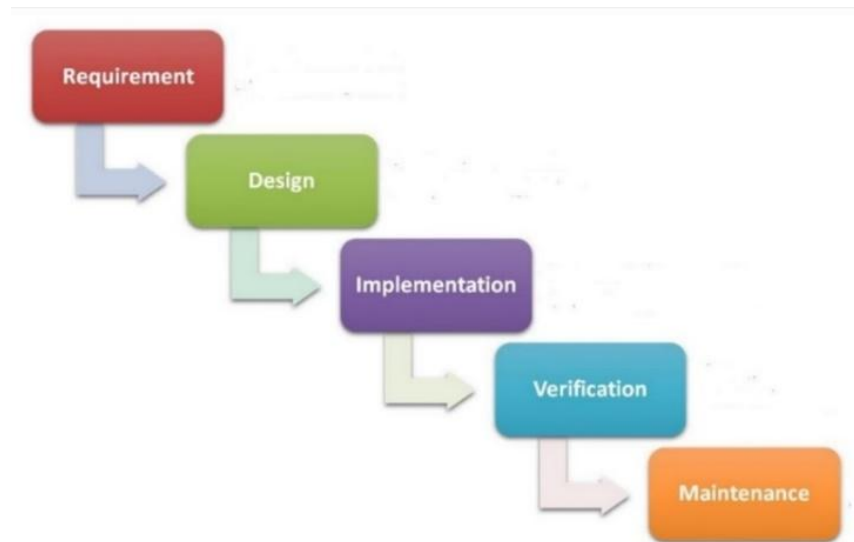
2.8 PyQt

PyQt adalah kumpulan pustaka Python 2 dan 3 yang digunakan untuk *framework* dan *toolkit widget* aplikasi Qt yang lintas *platform* [14]. Qt Sendiri adalah *library* yang dirancang untuk membuat aplikasi GUI pada bahasa C++. PyQt menggabungkan semua keuntungan dari toolkit widget Qt C++ lintas *platform* dengan Python, yang merupakan bahasa yang kuat dan sederhana yang berfungsi di berbagai *platform*. PyQt memungkinkan pengembang program menggunakan sebagian besar fungsionalitas Qt dalam Python. Ini termasuk serangkaian lengkap *widget*, manajer tata letak yang dapat disesuaikan, fitur GUI standar untuk aplikasi, komunikasi mudah antara komponen aplikasi, gaya *widget*, kelas-kelas pengaturan utas, masukan atau keluaran, dan jaringan [15].

PyQt juga memiliki Qt *Designer*, yang memungkinkan siapapun membuat GUI dengan lebih cepat menggunakan desainer antarmuka grafis sederhana dengan fitur seret dan lepas. Qt *Designer* adalah perangkat lunak yang memungkinkan pengembang untuk mendesain dan membuat elemen grafis antarmuka pengguna (GUI) untuk aplikasi mereka tanpa menulis kode secara manual [16].

3. METODE

Metode yang digunakan dalam perancangan sistem ini adalah metode *waterfall*. Secara formal, metode ini dikenal sebagai "*Linear Sequential Model*," yang menggambarkan pendekatan yang sistematis dan berurutan dalam pengembangan aplikasi. Proses dimulai dengan spesifikasi kebutuhan pengguna dan melanjutkan melalui tahapan-tahapan analisis kebutuhan, desain, implementasi, serta verifikasi, sebelum akhirnya mencapai tahap dukungan pada aplikasi (*maintenance*) [17]. Berikut adalah tahapan dalam metode *waterfall* seperti yang digambarkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Metode waterfall

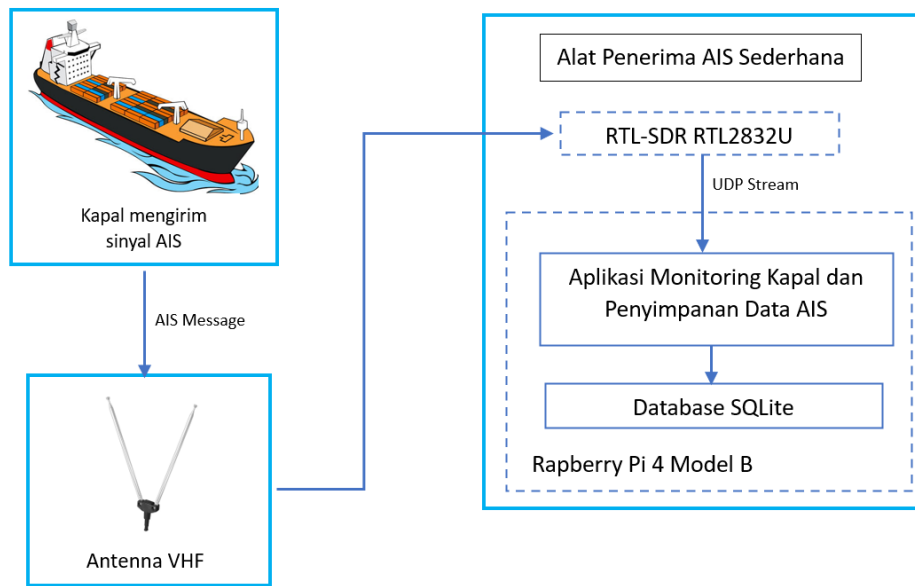
3.1. Tahapan Requirement

Tahap *requirement* merupakan fase awal dari metode *waterfall*. Pada tahap ini, pengembang sistem bertujuan untuk memahami kebutuhan pengguna dengan baik. Informasi mengenai kebutuhan ini dapat diperoleh melalui berbagai cara, seperti wawancara, diskusi, atau survei secara langsung dengan pihak pengguna. Selanjutnya, informasi yang diperoleh akan dianalisis secara seksama untuk mendapatkan data yang relevan dan dibutuhkan oleh pengembang sistem.

Proses analisis pada tahap *requirement* ini bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan fungsional dan non-fungsional yang harus dipenuhi oleh sistem yang akan dikembangkan. Keterlibatan aktif antara pengembang sistem dan pengguna pada tahap ini sangat penting untuk memastikan bahwa semua kebutuhan yang esensial telah terdokumentasi dengan baik dan dipahami oleh kedua belah pihak. Tahap *requirement* yang komprehensif membentuk dasar yang kuat untuk tahapan-tahapan berikutnya dalam metode *waterfall*, memastikan bahwa pengembangan sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan dan harapan pengguna.

3.2. Tahapan Design

Setelah mendapatkan informasi mengenai spesifikasi kebutuhan dari tahap *requirement*, pengembang sistem melangkah ke tahap desain. Perancangan desain dilakukan dengan tujuan memberikan gambaran lengkap tentang apa yang harus dikerjakan dalam pengembangan sistem. Pada tahap ini, sistem didesain menggunakan berbagai metode permodelan, termasuk *flowchart*, *activity diagram*, perancangan *database*, dan perancangan antarmuka aplikasi yang akan dikembangkan. Adapun arsitektur dari aplikasi ini bisa dilihat pada arsitektur aplikasi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Arsitektur aplikasi

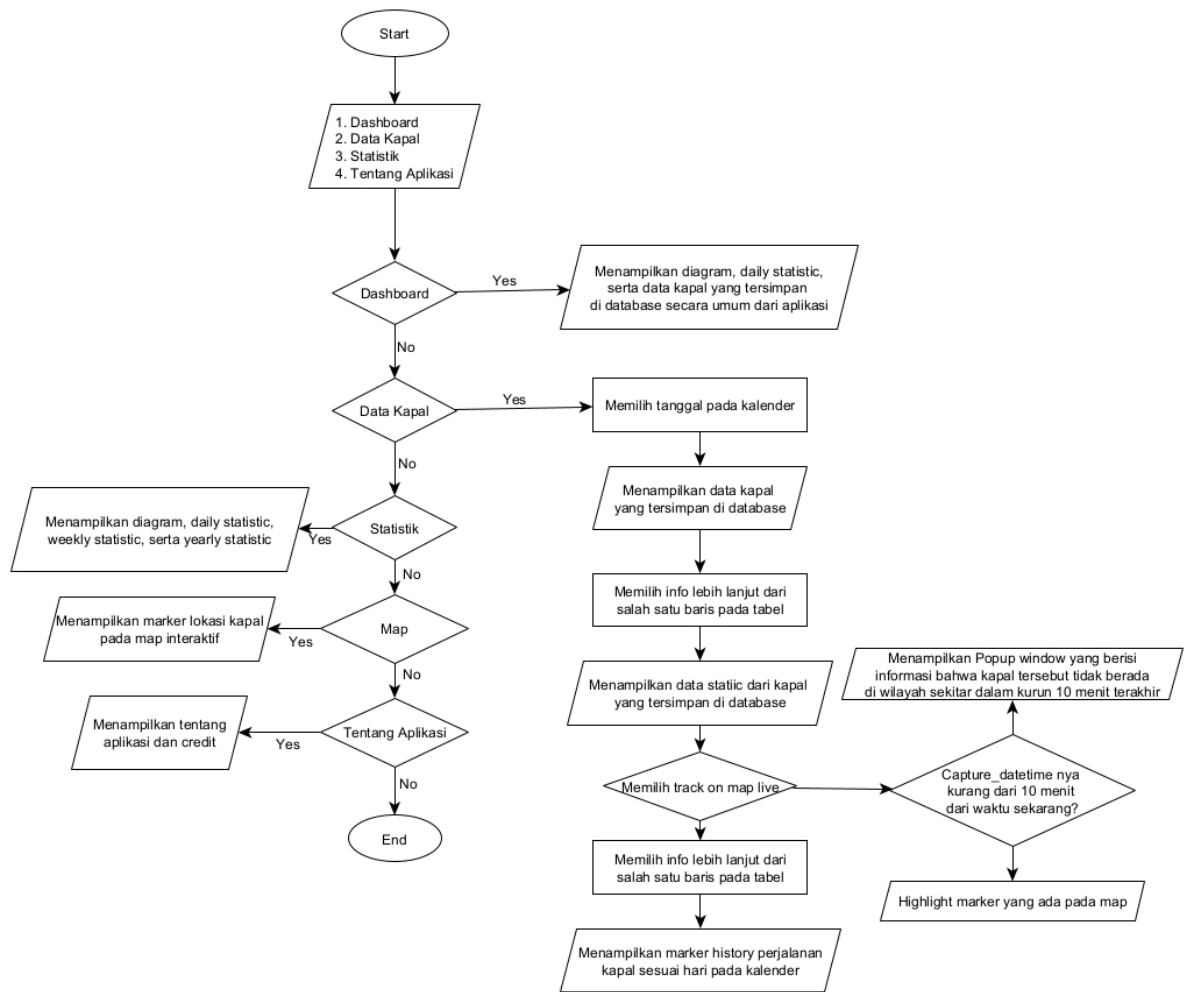
Aplikasi monitoring kapal dan penyimpanan data AIS akan di-install dan dijalankan pada perangkat Raspberry Pi. Aplikasi ini akan melakukan proses dekode AIS *message* yang dikirimkan oleh perangkat RTL-SDR melalui protokol *UDP stream*. AIS *message* ini didapatkan dari kapal yang melintas di perairan sekitar dan mengirimkan sinyal AIS secara berkala. AIS *message* yang telah berhasil melalui proses dekode kemudian akan disimpan pada *database* SQLite yang kemudian akan diolah lagi dalam aplikasi monitoring kapal dan penyimpanan data AIS (lihat Gambar 5).

Permodelan *flowchart* digunakan untuk menggambarkan secara visual alur kerja sistem, menunjukkan langkah-langkah proses secara berurutan. *Activity diagram* membantu dalam memodelkan aktivitas-aktivitas yang terjadi dalam sistem, memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang hubungan antaraktivitas. Perancangan *database* melibatkan struktur penyimpanan dan hubungan data untuk mendukung fungsionalitas sistem. Sementara itu, perancangan antarmuka aplikasi mencakup desain tata letak, elemen grafis, dan navigasi agar memastikan pengalaman pengguna yang baik.

Tahap desain ini membantu dalam merinci dan mengorganisir setiap aspek dari pengembangan sistem, membentuk dasar yang kuat untuk implementasi tahap berikutnya dalam metode *waterfall*.

1) Flowchart

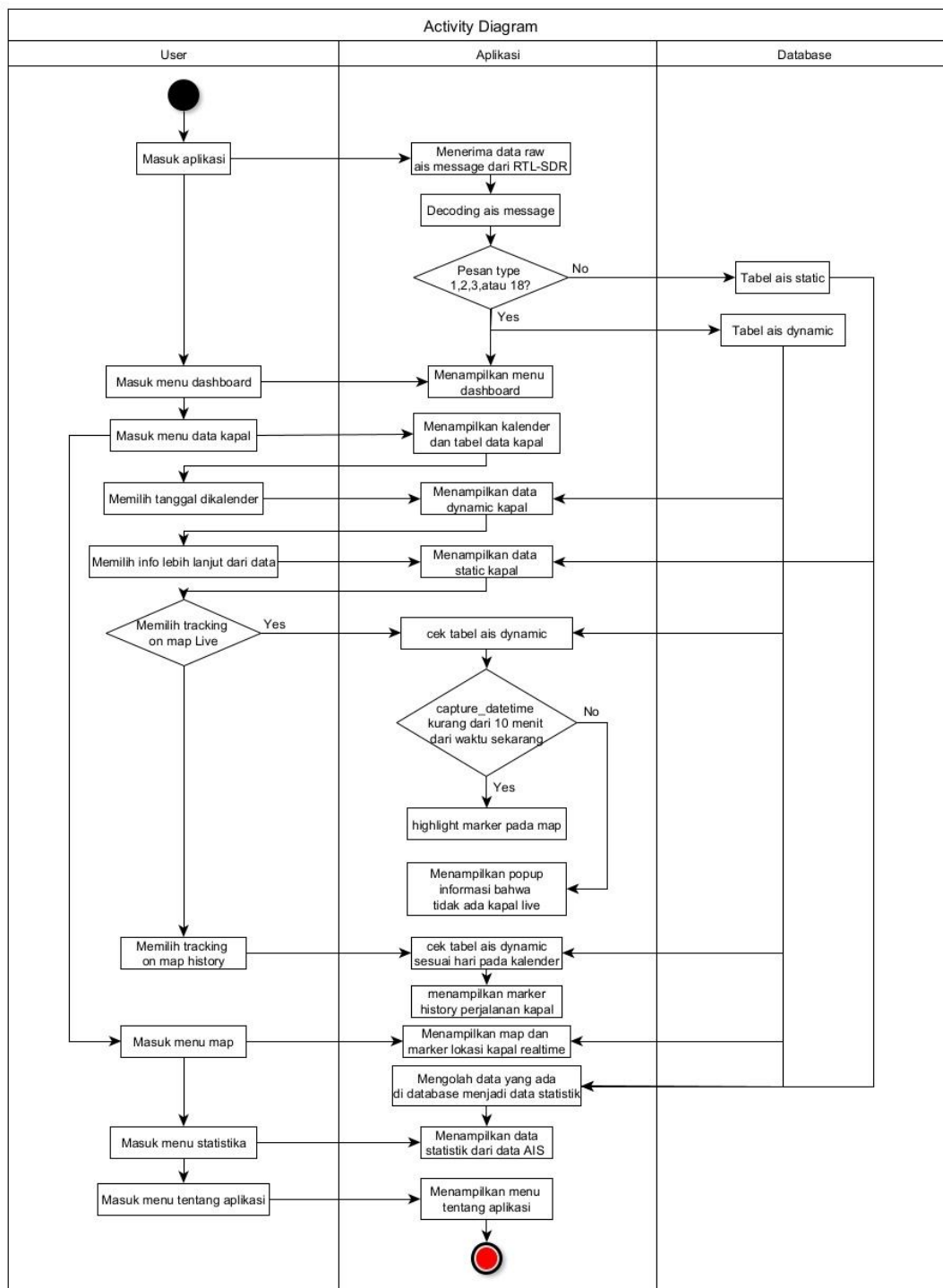
Flowchart adalah bagan yang menggunakan simbol tertentu untuk menggambarkan urutan proses secara detail serta hubungan antara proses-proses dalam program [18]. Perancangan aplikasi dilakukan dengan *flowchart* sistem untuk menunjukan alur dalam program atau prosedurnya secara logika. Adapun *flowchart* sistem dari aplikasi ini bisa dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Flowchart aplikasi

2) Activity diagram

Activity diagram merupakan alur program secara keseluruhan dari awal penginstalan aplikasi hingga penutupan aplikasi. *Activity diagram* menunjukkan semua aktivitas dalam sebuah sistem [19]. Berikut *activity diagram* (Gambar 7) dari aplikasi monitoring kapal dan penyimpanan data AIS.



Gambar 7. Activity diagram

3) Perancangan database

Perancangan *database* aplikasi ini berfokus pada penyimpanan informasi kapal yang telah di di urai kedalam *database*. Pada perancangan *database* ini akan dibuatkan dua tabel yaitu tabel data dinamis dan tabel data statis. Tabel data dinamis (Tabel 1) akan menyimpan data dinamis dari hasil dekode AIS *message* tipe 1, 2, 3, dan 18,

sedangkan tabel data statis (Tabel 2) akan menyimpan data statis dari hasil dekode AIS *message* tipe 5. Berikut struktur tabel nya:

a. Tabel data dinamis

Tabel data dinamis (Tabel 1) adalah tabel yang dirancang untuk menyimpan informasi dinamis mengenai kapal, yang akan diperbarui secara real-time dari hasil dekode AIS *message*.

Tabel 1. Struktur tabel data dinamis

No	Atribut	Type	Key
1	id_dinamis	integer	primary
2	capture_datetime	datetime	
3	msg_type	integer	
4	mmsi	integer	
5	status	integer	
6	turn	float	
7	speed	float	
8	accuracy	boolean	
9	lon	float	
10	lat	float	
11	course	float	
12	heading	integer	
13	maneuver	integer	
14	radio	integer	

b. Tabel data statis

Tabel data statis (Tabel 2) digunakan untuk menyimpan informasi yang bersifat tetap atau jarang berubah mengenai kapal. Tabel ini menyediakan data referensi yang diperlukan untuk melengkapi informasi kapal dan memperkaya pengalaman pengguna.

Tabel 2. Struktur tabel data statis

No	Atribut	Type	Key
1	id_statis	integer	primary
2	capture_datetime	datetime	
3	msg_type	integer	
4	mmsi	integer	foreign
5	imo	integer	
6	callsign	integer	
7	shipname	string	
8	ship_type	float	
9	dimensions	string	
10	draught	float	
11	destination	string	
12	eta	string	

3.3. Tahapan Implementation

Pada tahap *implementasi*, dilakukan pengkodean atau pembuatan program aplikasi sesuai dengan desain dan rancangan antarmuka perangkat lunak yang telah dirancang sebelumnya. Sistem awalnya dikembangkan dalam bentuk program kecil yang disebut unit, dan kemudian diintegrasikan pada tahap selanjutnya. Setiap unit dikembangkan dan diuji untuk memastikan fungsionalitasnya dalam suatu proses yang disebut sebagai uji unit.

Pengkodean melibatkan proses penulisan kode program sesuai dengan logika dan struktur desain yang telah dibuat sebelumnya. Pada saat yang bersamaan, uji unit dilakukan untuk setiap unit program yang telah dikembangkan. Uji unit bertujuan untuk memastikan bahwa setiap bagian dari program beroperasi sebagaimana mestinya dan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

Selama tahap implementasi, kerjasama antaranggota tim pengembang menjadi sangat penting, dan setiap perubahan yang diperlukan dapat diimplementasikan seiring dengan evolusi sistem. Tahapan ini merupakan langkah kritis dalam metode *waterfall*, karena menentukan sejauh mana hasil pengembangan sesuai dengan desain yang telah dirancang sebelumnya.

3.4. Tahapan Verification

Pada tahap ini, sistem menjalani verifikasi dan pengujian untuk memastikan bahwa memenuhi persyaratan sistem yang telah ditetapkan. Pengujian dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori, termasuk unit testing (dilakukan pada modul tertentu), sistem testing (untuk mengamati bagaimana sistem berperilaku saat semua modul terintegrasi), dan pengujian penerimaan (untuk mengevaluasi kepuasan seluruh kebutuhan pelanggan).

Proses pengujian ini melibatkan *black-box testing*, di mana pengujian aplikasi didasarkan pada spesifikasi kebutuhan fungsional. Pendekatan ini berfokus pada input dan output yang dihasilkan oleh sistem yang diuji, tanpa memperhatikan desain atau *source code* program secara rinci. Unit testing memeriksa setiap modul atau komponen secara terisolasi, sistem testing mengevaluasi kinerja sistem saat terintegrasi, dan pengujian penerimaan menilai kesesuaian sistem dengan harapan dan kebutuhan pelanggan.

Pengujian ini bertujuan untuk menemukan dan memperbaiki potensi bug atau masalah dalam sistem sebelum mencapai tahap implementasi yang lebih lanjut atau sebelum diserahkan kepada pengguna akhir. Proses verifikasi dan pengujian sangat penting untuk memastikan bahwa sistem berfungsi sebagaimana mestinya dan memenuhi standar kualitas yang diinginkan.

3.5. Tahapan Maintenance

Setelah tahap verifikasi selesai dan sistem dianggap siap, tahap pemeliharaan dimulai. Tahap ini merupakan tahap akhir dalam metode *waterfall*. Aplikasi yang telah selesai dikembangkan diimplementasikan dan dikelola melalui proses pemeliharaan, yang mencakup perbaikan kesalahan yang mungkin tidak terdeteksi pada langkah-langkah sebelumnya.

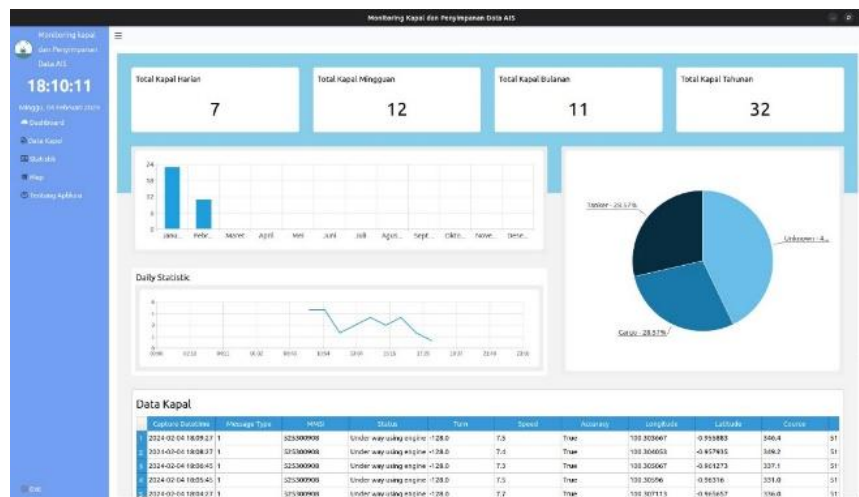
Pemeliharaan mencakup pemantauan kinerja sistem secara terus-menerus, penanganan kesalahan atau bug yang mungkin muncul setelah peluncuran, dan pengimplementasian perubahan atau peningkatan sesuai dengan umpan balik pengguna. Proses pemeliharaan ini penting untuk memastikan bahwa aplikasi tetap berfungsi dengan baik dan dapat menyesuaikan diri dengan perubahan kebutuhan atau lingkungan yang mungkin terjadi setelah peluncuran. Selain itu, pemeliharaan juga melibatkan dokumentasi yang baik untuk mendukung pengembang sistem di masa mendatang, serta memberikan dukungan teknis kepada pengguna jika diperlukan. Tahap pemeliharaan merupakan langkah penting untuk memastikan keberlanjutan dan kinerja yang optimal dari sistem yang telah dikembangkan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Rancangan

4.1.1. Halaman *Dashboard*

Halaman *dashboard* (**Gambar 8**) merupakan tampilan dari halaman *dashboard*. Pada halaman ini akan ditampilkan jumlah data kapal yang tersimpan dengan pengelompokan berdasarkan waktu harian, mingguan, bulanan, dan tahunan. Halaman *dashboard* juga akan menampilkan diagram lingkaran, diagram balok, *daily statistic*, serta tabel data kapal yang telah melalui proses decode.



Gambar 8. Halaman dashboard

4.1.2. Halaman data kapal

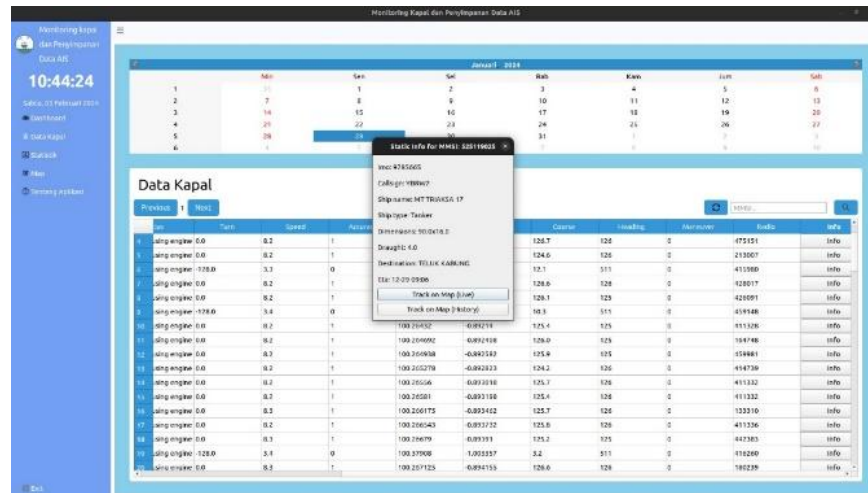
Pada halaman ini akan menampilkan data kapal yang tersimpan di *database* (**Gambar 9**). pengguna dapat memilih tanggal untuk melihat data kapal yang tersimpan pada tanggal yang dipilih oleh pengguna. Pengguna juga bisa melihat informasi statis dari kapal dengan memilih tombol info pada tabel lalu aplikasi akan menampilkan pop up window yang berisi informasi statis dari kapal.

Capture Date/Time	Message Type	MMSI	Status	Type	Speed	Accuracy	Longitude	Latitude	Course	ID
2024-02-04 18:09:27	1	325300000	Under way using engine	128.0	7.3	True	100.303067	-0.933883	346.8	51
2024-02-04 18:08:37	1	325300000	Under way using engine	128.0	7.4	True	100.304053	-0.937635	346.2	51
2024-02-04 18:08:45	1	325300000	Under way using engine	128.0	7.3	True	100.303507	-0.933273	337.1	51
2024-02-04 18:05:45	1	325300000	Under way using engine	128.0	7.3	True	100.302596	-0.932316	339.8	51
2024-02-04 18:04:27	1	325300000	Under way using engine	128.0	7.2	True	100.301713	-0.931657	336.8	51

Gambar 9. Halaman data kapal

4.1.3. Pop up window informasi statis

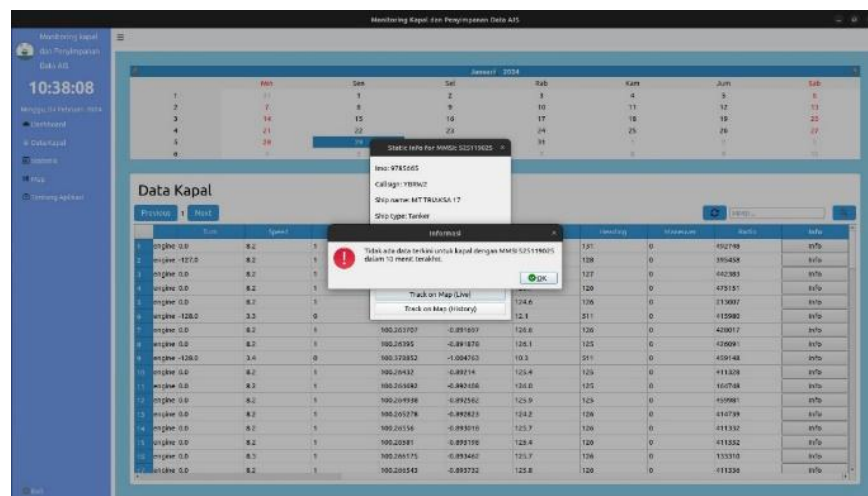
Setelah menekan tombol info pada tabel maka aplikasi akan menampilkan pop up window yang berisi informasi statis dari kapal dengan mmsi yang dipilih pada tabel. Pada pop up window juga terdapat dua tombol yang bisa dipilih yaitu *track on map (live)* dan *track on map (history)*. Tampilan pop up window informasi statis bisa dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Pop up window informasi statis

4.1.4. Track on map (live)

Ketika pengguna memilih *track on map (live)* maka aplikasi akan meng-highlight marker yang ada pada peta interaktif. Jika tidak terdapat marker lokasi kapal tersebut pada peta interaktif maka aplikasi akan memberikan pesan bahwa tidak ada kapal yang bersangkutan terdeteksi dalam 10 menit terakhir (Gambar 11).

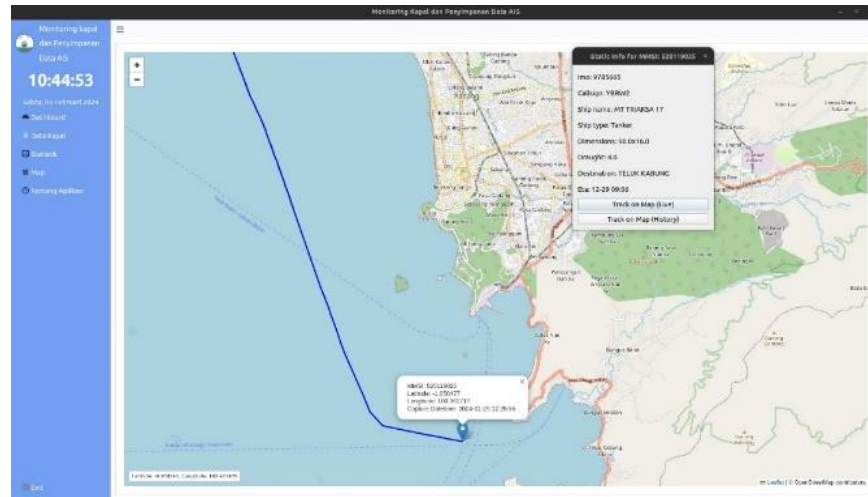


Gambar 11. Track on map (live)

4.1.5. Track on map (history)

Track on map (history) (Gambar 12) merupakan tampilan ketika pengguna memilih *track on map (history)* pada pop up window informasi statis. Pada saat tombol ditekan, aplikasi akan menampilkan historis perjalanan kapal pada

peta interaktif. Historis perjalanan ini ditampilkan sesuai dengan hari yang dipilih melalui kalender di menu data kapal.



Gambar 12. Track on map (history)

4.1.6. Halaman Statistik

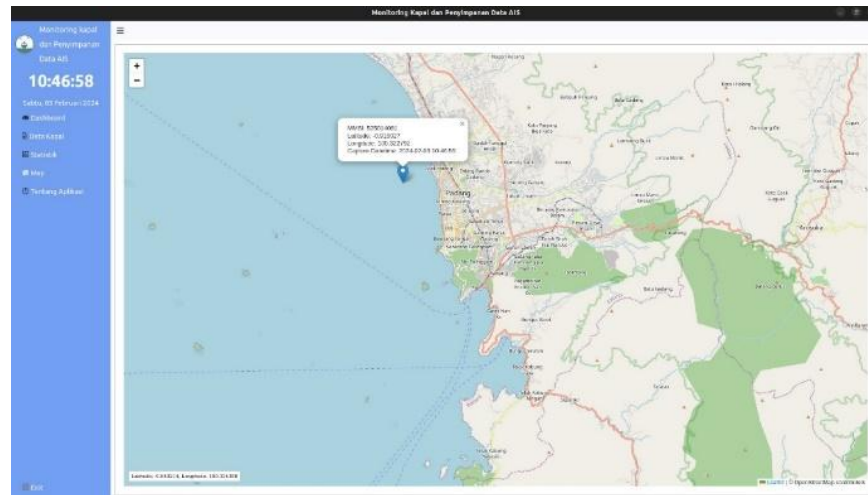
Pada halaman ini akan menampilkan statistika berupa diagram lingkaran, diagram balok, serta diagram garis dari data yang tersimpan di dalam *database*. Halaman ini merupakan tambahan dari statistik yang telah ditampilkan di halaman *dashboard*. Gambaran tampilan halaman statistik dapat dilihat pada **Gambar 13**.



Gambar 13. Halaman statistik

4.1.7. Halaman map

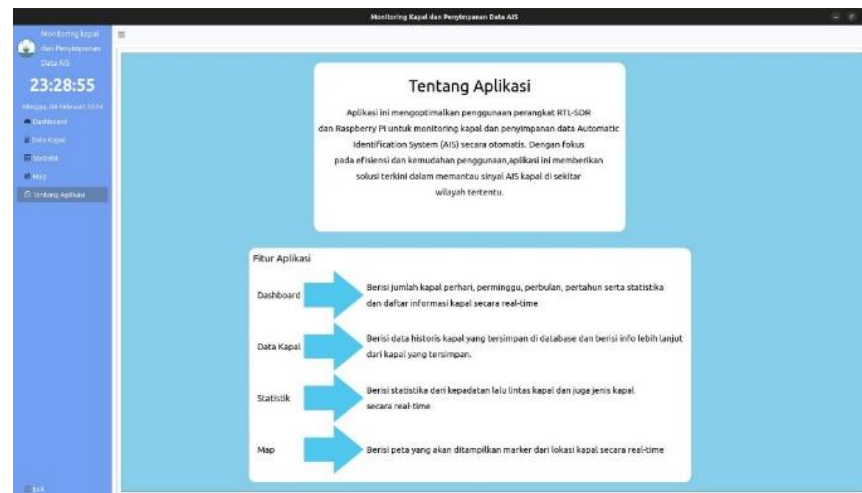
Halaman map (**Gambar 14**) merupakan tampilan dari Halaman map yang berupa sebuah peta interaktif. Peta interaktif ini berguna untuk menampilkan marker lokasi kapal berdasarkan koordinat secara real-time. Halaman ini juga berperan penting ketika tombol *track on map (live)* dan *track on map (history)* pada pop up window informasi statis ditekan.



Gambar 14. Halaman map

4.1.8. Halaman tentang aplikasi

Pada halaman ini akan ditampilkan tentang aplikasi dan fitur-fitur yang ada pada aplikasi monitoring kapal dan penyimpanan data AIS dengan Pemanfaatan Perangkat RTL-SDR dan Raspberry Pi. Tampilan dari halaman tentang aplikasi bisa dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Halaman tentang aplikasi

4.2 Hasil Pengujian *Black-box*

Berikut adalah hasil pengujian *black-box* dari aplikasi monitoring kapal dan penyimpanan data AIS, seperti yang tercantum dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian *black-box*

Aspek Pengujian	Input	Output	Hasil Pengujian
Dekode AIS Message	AIS <i>message</i> tipe 1, 2, 3, 5, dan 18 dari perangkat RTL-SDR.	Posisi, kecepatan, arah, dan identifikasi kapal.	Aplikasi mampu meng-dekode dengan benar.
Monitoring Real-Time	Sinyal AIS yang terus-menerus dari kapal-kapal di sekitar.	Marker lokasi kapal pada peta interaktif secara real-time.	Marker lokasi kapal tampil pada peta interaktif mendekati real-time sesuai dengan posisi aktual kapal pada waktu yang memiliki selisih 1-2 detik.
Penyimpanan Data Historis	Sinyal AIS dari kapal yang akan disimpan sebagai data historis.	Data historis.	Aplikasi dapat menyimpan dan menampilkan data historis.
Statistik data yang tersimpan di database	Data yang tersimpan dalam <i>database</i> .	Data Statistik.	Aplikasi dapat menampilkan statistik dalam bentuk diagram balok, lingkaran, dan garis dengan pengelompokan dalam harian, mingguan, bulanan, dan tahunan.
Kompatibilitas dengan Raspberry Pi dan RTL-SDR	Integrasi aplikasi dengan perangkat keras Raspberry Pi dan RTL-SDR.	Aplikasi kompatibel dengan kedua perangkat keras tersebut namun berjalan agak sedikit lag.	Semua fitur berjalan dengan baik namun agak sedikit lag terutama pada peta interaktif.

Dari hasil pengujian, aplikasi monitoring kapal dan penyimpanan data AIS yang di rancang telah menunjukkan kinerja yang cukup baik. Aplikasi ini berhasil dalam dekode AIS *message* tipe 1, 2, 3, 5, dan 18 dari perangkat RTL-SDR, menampilkan marker lokasi kapal secara real-time dengan selisih waktu yang dapat diterima, menyimpan data AIS sebagai data historis, dan menampilkan statistik data yang tersimpan dalam *database*. Kendala yang muncul pada saat pengujian adalah adanya sedikit lag, terutama pada peta interaktif saat dijalankan pada perangkat Raspberry Pi. Penyebab lag mungkin terletak pada keterbatasan sumber daya perangkat keras tersebut. Solusi untuk mengatasi lag tersebut adalah dengan mempertimbangkan peningkatan spesifikasi perangkat Raspberry Pi.

5. PEMBAHASAN

Sistem Identifikasi Otomatis (AIS) telah menjadi instrumen vital dalam navigasi maritim, memungkinkan kapal untuk secara otomatis mengirim dan menerima informasi terkait posisi, arah, kecepatan, dan identitas kapal lainnya. Seperti yang telah dibahas, AIS memfasilitasi pertukaran data yang krusial bagi keselamatan dan efisiensi transportasi laut. Namun, meskipun teknologi AIS memiliki manfaat signifikan, penerapan yang belum optimal di SMK Negeri 3 Pariaman menyoroti beberapa tantangan yang perlu dianalisis lebih mendalam.

1. Keterbatasan dalam Proses Dekode AIS Messages

Salah satu masalah utama dalam implementasi AIS di SMK Negeri 3 Pariaman adalah kesulitan dalam mendekode pesan AIS secara akurat. Proses dekode yang tidak optimal berdampak pada ketidakmampuan alat penerima AIS untuk memonitor kapal secara *real-time* dengan akurasi yang diperlukan. Berdasarkan literatur terkait [1], [20], sinyal AIS dikirimkan melalui frekuensi radio *VHF*, dan proses dekode melibatkan penerimaan sinyal yang dapat dipengaruhi oleh interferensi sinyal lain, kesalahan penanganan data, atau keterbatasan perangkat keras. Kondisi ini diperburuk dengan penggunaan perangkat sederhana seperti *Raspberry Pi* dan *RTL-SDR*, yang meskipun memiliki potensi besar untuk digunakan dalam proyek berbiaya rendah, belum dapat memenuhi kriteria optimal untuk decoding sinyal AIS secara akurat dalam lingkungan yang bervariasi.

Dalam konteks ini, solusi untuk meningkatkan akurasi dekode meliputi penggunaan algoritma dekode yang lebih canggih serta peningkatan perangkat keras untuk menangani sinyal dengan kualitas lebih baik. Implementasi perangkat lunak yang dirancang khusus untuk dekode AIS pada *Raspberry Pi*, seperti *PyAIS*, juga bisa dipertimbangkan guna meningkatkan efektivitas proses dekode [2]. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengeksplorasi solusi teknis yang dapat meningkatkan akurasi penerimaan dan decoding sinyal AIS di lingkungan pendidikan seperti SMK Negeri 3 Pariaman.

2. Keterbatasan Kapasitas Penyimpanan Data Historis

Alat penerima AIS yang digunakan di SMK Negeri 3 Pariaman juga menghadapi keterbatasan dalam menyimpan data historis kapal. Penyimpanan data merupakan elemen penting dalam monitoring dan analisis pergerakan kapal. Dalam penelitian ini, keterbatasan kapasitas penyimpanan dapat mengurangi efektivitas alat dalam menyediakan rekaman jangka panjang pergerakan kapal untuk keperluan penelitian atau pembelajaran.

Keterbatasan ini dapat diatasi dengan memanfaatkan penyimpanan berbasis *cloud*, yang memungkinkan penyimpanan data dalam jumlah besar dan akses yang lebih fleksibel. Basis data lokal seperti *SQLite* yang telah diimplementasikan juga dapat diintegrasikan dengan penyimpanan *cloud* untuk mendukung penyimpanan historis jangka panjang tanpa terbatas pada kapasitas perangkat keras lokal. Solusi ini memungkinkan data dapat diakses dan dianalisis dari mana saja, tanpa keterbatasan fisik perangkat keras. Selain itu, perencanaan kapasitas penyimpanan yang baik dengan menggunakan algoritma kompresi data juga dapat menjadi salah satu alternatif untuk memperpanjang umur simpan data pada perangkat lokal [10].

3. Efektivitas Real-Time Monitoring Kapal

Real-time monitoring merupakan salah satu fitur krusial dari sistem AIS, karena kemampuan untuk memantau posisi kapal secara langsung sangat penting untuk keselamatan dan manajemen lalu lintas laut. Namun, alat yang digunakan di SMK Negeri 3 Pariaman tidak sepenuhnya optimal dalam memonitor kapal secara *real-time*. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh keterbatasan dalam kecepatan pemrosesan data oleh perangkat *Raspberry Pi* serta keterbatasan kemampuan perangkat *RTL-SDR* dalam menangkap sinyal secara konsisten dalam waktu nyata [21].

Untuk meningkatkan efektivitas monitoring real-time, salah satu solusi yang diusulkan adalah meningkatkan kapasitas prosesor atau memanfaatkan prosesor tambahan untuk menangani pemrosesan data secara lebih efisien. *Raspberry Pi 4 Model B*, meskipun memiliki peningkatan dalam kecepatan prosesor, mungkin masih memerlukan dukungan perangkat keras tambahan seperti GPU eksternal atau cluster *Pi* untuk mempercepat pemrosesan data yang lebih kompleks [9]. Selain itu, optimasi perangkat lunak dengan memperbaiki proses dekode dan implementasi protokol komunikasi yang lebih efisien, seperti penggunaan UDP untuk streaming data yang lebih cepat, dapat memberikan solusi yang lebih baik.

4. Pemanfaatan Data AIS untuk Penelitian dan Pembelajaran

Penggunaan AIS di lembaga pendidikan, seperti yang dilakukan di SMK Negeri 3 Pariaman, membuka peluang besar untuk penelitian dan pembelajaran, terutama dalam memahami pergerakan kapal dan teknologi maritim. Dengan data real-time dan historis yang tersedia, siswa dapat dilibatkan dalam berbagai penelitian terkait pengelolaan lalu lintas laut, keselamatan navigasi, dan analisis pola pergerakan kapal. Tantangan yang dihadapi dalam implementasi alat penerima AIS dapat menjadi pelajaran berharga dalam proses belajar mengembangkan sistem teknologi berbasis *Raspberry Pi* dan *RTL-SDR*.

Pemanfaatan data AIS dapat dimaksimalkan dengan mengembangkan aplikasi analisis berbasis *Python* dan *PyQt*, yang memungkinkan siswa untuk melakukan visualisasi data dan memahami pola pergerakan kapal dengan lebih baik. Hal ini juga mendorong pemahaman siswa tentang pentingnya keamanan dan efisiensi dalam transportasi laut, sekaligus memberikan pengalaman praktis dalam pengembangan dan implementasi sistem navigasi modern [15].

5. Signifikansi dan Peningkatan Kinerja Sistem

Solusi yang diusulkan, berupa pengembangan aplikasi untuk dekode AIS *message*, *real-time monitoring*, dan penyimpanan data historis, memiliki potensi besar untuk meningkatkan kinerja sistem di SMK Negeri 3 Pariaman. Penggunaan perangkat seperti *Raspberry Pi* dan *RTL-SDR* memberikan peluang inovatif untuk pengembangan sistem berbiaya rendah dan fleksibel, namun juga menuntut peningkatan dari sisi perangkat lunak dan optimasi kinerja. Dengan mengimplementasikan solusi ini, tidak hanya meningkatkan keamanan dan kinerja navigasi kapal, tetapi juga memperkaya penelitian dan pembelajaran di sekolah, serta memberikan siswa kesempatan untuk terlibat dalam proyek nyata yang relevan dengan industri maritim.

6. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa aplikasi desktop Monitoring Kapal dan data AIS yang memanfaatkan *RTL-SDR* dan *Raspberry Pi* berhasil dikembangkan dan mencapai tujuan penelitian. Aplikasi ini mampu mengatasi kendala yang terdapat pada alat penerima AIS sederhana milik SMK Negeri 3 Pariaman, termasuk dalam proses dekode AIS *message*, monitoring kapal secara real-time, dan penyimpanan data AIS. Aplikasi desktop ini memberikan kontribusi positif dengan menyajikan proses dekode AIS yang lebih akurat, memungkinkan pemetaan perjalanan kapal secara interaktif, serta menyediakan penyimpanan data AIS untuk keperluan historis. Dalam pengembangan aplikasi ini, digunakan bahasa pemrograman *Python* dan *framework* *PyQt* untuk memberikan antarmuka desktop yang responsif dan efisien. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan melakukan evaluasi lebih mendalam terhadap performa aplikasi, mempertimbangkan pembaruan teknologi, dan integrasi dengan perangkat lain yang dapat meningkatkan fungsionalitas aplikasi. Penerapan *Python* dan *PyQt* dalam aplikasi desktop Monitoring Kapal dan AIS ini membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam meningkatkan kualitas sistem navigasi kapal dan memberikan pengalaman pengguna yang lebih baik. Selain itu, pada penelitian berikutnya, disarankan untuk melakukan dekode AIS *message* tipe selain 1, 2, 3, 5, dan 18. Dengan memanfaatkan informasi hasil dekode AIS *message* juga diharapkan dapat dibangun suatu sistem simulasi perjalanan kapal dari pelabuhan keberangkatan hingga pelabuhan tujuan. Sistem simulasi ini memungkinkan pengguna untuk memvisualisasikan secara interaktif pergerakan kapal dalam suatu skenario perjalanan tertentu. Kesimpulan ini menjadi dasar untuk langkah-langkah lanjutan dalam pengembangan teknologi navigasi laut menggunakan aplikasi desktop Monitoring Kapal dan AIS.

DECLARATIONS

Author's Contributions

Muhammad Abiraihan: Conceptualization, Methodology, Data curation, Investigation, Software, Writing - Original Draft, Writing - Review & Editing. **Rizkayeni Marta:** Supervision, Writing - Review & Editing. **Syukhri:** Supervision, Validation. **Hadi Kurnia Saputra:** Supervision. All authors have read and approved the final version of this manuscript.

Acknowledgements

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini. Kami sangat menghargai dukungan dan bimbingan yang diberikan oleh Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, yang telah memberikan arahan dan motivasi selama proses penelitian, serta kepada semua pihak yang telah memberikan masukan berharga yang sangat membantu dalam pengembangan aplikasi ini.

Competing Interests

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

REFERENCES

- [1] A. Maulidi, et al., "Sistem Penerima (Receiver) Automatic Identification System (AIS) Berbasis Mini Computer Pada Kapal Nelayan Tradisional di Madura," *INOVTEK Polbeng - Seri Informatika*, vol. 09, no. 2, 2019. doi: [10.35314/ip.v9i2.1125](https://doi.org/10.35314/ip.v9i2.1125).
- [2] D. Enda, A. Agustiawan, M. Milchan, and E. Pratiwi, "Rancang Bangun Aplikasi AIS Backend Untuk Pemantauan Lalu Lintas Kapal di Selat Melaka," *INOVTEK Polbeng - Seri Informatika*, vol. 6, no. 2, p. 284, 2021. doi: [10.35314/isi.v6i2.2139](https://doi.org/10.35314/isi.v6i2.2139).
- [3] IMO, "Safety of Life at Sea - Safety of Navigation Chapter V," *SOLAS Convention*, p. 29, 2002.
- [4] J. D. C. Sihasale and J. R. Leatemia, "Analisis Penempatan Lokasi Station AIS (Automatic Identification System) Di Ambon Guna Mendukung Monitoring Alki (Alur Laut Kepulauan Indonesia) III Secara Maksimal," *ALE Proceeding*, vol. 2, pp. 57-63, Jul. 2019. doi: [10.30598/ale.2.2019.57-63](https://doi.org/10.30598/ale.2.2019.57-63).
- [5] R. D. Jayanto, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Jaringan Menggunakan Mikrotik Router OS," *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 3, no. 1, pp. 140-148, Feb. 2019. doi: [10.36040/jati.v3i1.1408](https://doi.org/10.36040/jati.v3i1.1408).
- [6] M. A. A. Candra and I. A. Wulandari, "Sistem Informasi Berprestasi Berbasis Web Pada Smp Negeri 7 Kota Metro," *Jurnal Mahasiswa Ilmu Komputer (JMIK)*, vol. 1, no. 1, Mar. 2021. doi: [10.24127/v2i1.1238](https://doi.org/10.24127/v2i1.1238).
- [7] R. Itu-r, *ITU-R Recommendation ITU-R M.1371-4*, vol. 4, 2010. Accessed: Dec. 19, 2023. [Online]. Available: <https://www.itu.int/>
- [8] C. A. Philbin, *Adventures in Raspberry Pi*. Chichester, West Sussex: Wiley, 2015.
- [9] Raspberry Pi, *Raspberry Pi 4 Computer Model B*, May 2020. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org>

- [10] R. P. Sari, L. Lindawati, and S. Soim, "Monitoring Kapal Menggunakan Automatic Identification System (AIS) Dengan RTL-SDR dan Low Noise Amplifier (LNA)," *PROtek: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 9, no. 2, p. 119, 2022. doi: [10.33387/protk.v9i2.4691](https://doi.org/10.33387/protk.v9i2.4691).
- [11] Md. H. Rahman and Md. M. Islam, "A Practical Approach to Spectrum Analyzing Unit Using RTL-SDR," *Rajshahi University Journal of Science and Engineering*, vol. 44, no. 1, pp. 151–159, 2016. doi: [10.3329/rujse.v44i0.30400](https://doi.org/10.3329/rujse.v44i0.30400).
- [12] Phil, "Realtek RTL2832U-The mystery chip at the heart of RTL-SDR," 2015, pp. 3–5. Accessed: Dec. 19, 2023. [Online]. Available: <https://www.datasheetq.com>
- [13] R. Puspadini and M. Zen, *Python: Dasar dan Pemrograman Berorientasi Objek*, 2023.
- [14] J. M. Willman, *Beginning PyQt*, 2022. doi: [10.1007/978-1-4842-7999-1](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-7999-1).
- [15] B. Hall, "Developing Graphical User Interfaces in Python using PyQt for Laboratory Use," 2017.
- [16] M. Summerfield, *Rapid GUI Development with Python and Qt*, 2007. doi: [10.1002/cjoc.201200111](https://doi.org/10.1002/cjoc.201200111).
- [17] A. Saravanos and M. X. Curinga, "Simulating the Software Development Lifecycle: The Waterfall Model," *Applied System Innovation*, vol. 6, no. 6, Dec. 2023. doi: [10.3390/asi6060108](https://doi.org/10.3390/asi6060108).
- [18] E. Rianti and D. F. Barel, "Analisa Sistem Informasi Penerimaan Calon Taruna (CATAR) dengan Menggunakan Metode McCall (Studi Kasus Politeknik Pelayaran Sumatera Barat)," *Jurnal Informasi dan Teknologi*, pp. 56–61, Jun. 2020. doi: [10.37034/jidt.v2i2.59](https://doi.org/10.37034/jidt.v2i2.59).
- [19] U. I. Arsyah, M. Pratiwi, and A. Muhammad, "Perancangan Sistem Informasi Laporan Keuangan pada Sekolah Menengah Pertama," *Journal Of Indonesian Social Society (JISS)*, vol. 1, no. 1, pp. 23–30, 2023. doi: [10.59435/jiss.v1i1.28](https://doi.org/10.59435/jiss.v1i1.28).
- [20] A. Tritsarolis, Y. Kontoulis, and Y. Theodoridis, "The Piraeus AIS dataset for large-scale maritime data analytics," *Data in Brief*, vol. 40, p. 107782, Feb. 2022. doi: [10.1016/j.dib.2021.107782](https://doi.org/10.1016/j.dib.2021.107782).
- [21] D. Wright, C. Janzen, R. Bochenek, J. Austin, and E. Page, "Marine Observing Applications Using AIS: Automatic Identification System," *Front. Mar. Sci.*, vol. 6, p. 537, 2019. doi: [10.3389/fmars.2019.00537](https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00537).