

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini akan membahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan, dan manfaat penelitian yang menjadi dasar pengembangan Sistem Informasi Anomali Satelit (SIAS) versi terbaru. Penelitian ini berfokus pada tantangan operasional yang dihadapi satelit akibat anomali yang disebabkan oleh cuaca antariksa, seperti badai geomagnetik dan *coronal mass ejections* (CME). Berdasarkan permasalahan tersebut, dirumuskan beberapa pertanyaan penelitian yang diharapkan dapat membantu menjelaskan faktor-faktor penyebab anomali satelit dan upaya mitigasinya. Bab ini juga menjelaskan tujuan pengembangan SIAS, yang meliputi perancangan antarmuka pengguna yang interaktif dan responsif sebagai bagian dari *Frontend development* serta pembuatan *Data Visualization* untuk menampilkan data cuaca antariksa dan anomali satelit. Selain itu, manfaat penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi pemantauan satelit dalam konteks ilmiah dan operasional, sehingga mendukung pengambilan keputusan serta mitigasi risiko kerusakan satelit akibat cuaca antariksa yang ekstrem.

1.1 Latar Belakang

Anomali satelit menjadi tantangan signifikan dalam pengoperasian satelit, khususnya pada orbit rendah (LEO) dan orbit geostasioner (GEO). Faktor utama penyebab anomali ini adalah cuaca antariksa yang ekstrem, seperti badai matahari dan aktivitas geomagnetik. Badai geomagnetik dapat mempengaruhi satelit secara langsung, terutama subsistem sensitif terhadap radiasi (Ahmad dkk., 2018), seperti panduan, navigasi, dan kontrol (*Guidance, Navigation, and Control*, GN&C). Dampak gangguan geomagnetik bervariasi dari gangguan sinyal sementara hingga kerusakan perangkat keras permanen, dengan tingkat kerentanan yang berbeda pada tiap subsistem. Studi historis mencatat bahwa sekitar 35% dari 26 anomali satelit yang terjadi pada 2000 hingga 2001 berkaitan langsung dengan aktivitas badai geomagnetik (Ahmad & Widyanto, 2023).

Pada Februari 2022, badai geomagnetik menghancurkan 40 dari 49 satelit Starlink yang baru diluncurkan, menyebabkan kerusakan pada 81,6% satelit yang berada pada orbit rendah tersebut. Peristiwa ini menyoroti kerentanan satelit terhadap perubahan lingkungan antariksa, khususnya selama lontaran massa korona (*Coronal Mass Ejection*) yang menyebabkan peningkatan hambatan atmosfer yang drastis, hingga merusak sistem satelit secara menyeluruh (WAHYUDI, 2022). Ancaman cuaca antariksa ini menegaskan pentingnya pemahaman yang mendalam tentang dinamika siklus matahari, di mana peningkatan aktivitas matahari dan potensi terjadinya badai geomagnetik harus dipantau dengan cermat.

Menghadapi ancaman ini, sangat penting untuk memahami dan memprediksi peningkatan aktivitas matahari, terutama mengingat siklus matahari ke-25 yang diperkirakan akan mencapai puncaknya sekitar tahun 2025. Badai geomagnetik merupakan gangguan besar pada magnetosfer Bumi yang diakibatkan oleh aliran angin matahari, dan dampaknya secara ekonomi dapat mencapai lebih dari \$40 miliar per hari di Amerika Serikat (Yan, 2024). Pentingnya sistem prediksi dini terlihat jelas, mengingat keterbatasan metode saat ini yang hanya mampu memprediksi badai beberapa jam sebelumnya atau bahkan gagal mendeteksi semua jenis badai.

Untuk menghadapi ancaman tersebut, berbagai upaya mitigasi dilakukan oleh para peneliti dan operator satelit di seluruh dunia, salah satunya adalah pengembangan SIAS. Versi awal dari SIAS dikembangkan menggunakan perangkat lunak Delphi, yang memanfaatkan data cuaca antariksa, seperti fluks proton, elektron, dan indeks geomagnetik Kp, untuk menganalisis tren anomali satelit. Namun, aplikasi desktop ini memiliki keterbatasan, terutama dalam pengelompokan data yang masih memerlukan proses manual pada rentang waktu tertentu (Ahmad & Rachman, 2010). Seiring berkembangnya teknologi, SIAS terus diperbarui untuk memberikan akses yang lebih fleksibel dan analisis yang lebih mendalam bagi operator satelit.

Di berbagai negara, peningkatan akses terhadap data satelit semakin diakui potensinya untuk mendukung mitigasi bencana, pemantauan lingkungan, dan perencanaan kota. Di Filipina, misalnya, Badan Antariksa Filipina (PhilSA) mengembangkan *Space + Data Dashboard* (SDD) yang memungkinkan akses

publik terhadap data antariksa dan satelit. SDD ini dirancang untuk mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), dengan menggunakan antarmuka yang intuitif serta teknologi terbaru seperti TerriaMap dan ReactJS, sehingga pengguna dapat mengelola data lapisan, mengubah gaya tampilan, dan mengekspor data dalam format GeoJSON (Fargas Jr. dkk., 2024).

Lebih lanjut, Pada penelitian "*OXI: An online tool for visualization and annotation of satellite time series data*", dibahas penggunaan kombinasi Vue.js, D3.js, dan CSS sebagai *Frontend Framework* untuk memvisualisasikan data deret waktu satelit. Fitur interaktif yang disediakan meliputi *scroll mouse*, *filtering waktu*, dan *refresh page*, sehingga pengguna dapat mengakses dan menganalisis data dengan lebih fleksibel (Ruszczak dkk., 2023).

Pada penelitian "*Internet Application for Interactive Visualization of Geophysical and Space Data: Approach, Architecture, Technologies*", dijelaskan implementasi Laravel dengan dukungan Bootstrap sebagai *framework Frontend*, yang dilengkapi dengan fitur notifikasi dan status sistem. Fitur ini membantu pengguna untuk memantau kondisi sistem, sehingga mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat (Vorobev dkk., 2023).

Pada proyek ini, pengembangan SIAS versi terbaru menerapkan metode iteratif inkremental yang memungkinkan pembaruan sistem dilakukan secara bertahap, mengurangi risiko kegagalan pada setiap iterasi. Setiap prototipe diuji secara menyeluruh, sehingga kualitas dan stabilitas sistem dapat dipastikan sebelum melanjutkan ke tahap pengembangan berikutnya. Pendekatan iteratif ini memungkinkan pengembang SIAS untuk merespon umpan balik pengguna dengan cepat dan menyesuaikan fitur serta desain agar lebih relevan dengan kebutuhan yang dinamis.

SIAS versi terbaru mengadopsi teknologi pembelajaran mesin, khususnya model *Long Short-Term Memory* (LSTM), yang memiliki kemampuan dalam mendeteksi pola data yang kompleks dan dapat memprediksi anomali satelit dengan akurasi tinggi. Dengan menggunakan data historis dan spasial, model ini diharapkan mampu memberikan peringatan dini serta memfasilitasi langkah-langkah mitigasi

yang lebih efektif untuk melindungi satelit dari ancaman cuaca antariksa. Dari segi pengembangan antarmuka, peran utama sebagai pengembang *Front-end* adalah menyediakan tampilan yang mudah digunakan dan intuitif bagi operator, memungkinkan akses langsung dan pemantauan data secara.

Melalui implementasi teknologi berbasis Laravel, SIAS versi terbaru menyediakan platform web yang fleksibel, mudah diakses, dan mempermudah operator dalam mengelola data anomali serta mengantisipasi potensi bahaya. Dengan dukungan fitur pengelompokan data otomatis, proses analisis menjadi lebih efisien karena data dapat dikelompokkan berdasarkan kebutuhan analisis, seperti per jam, per hari, atau bulanan. Diharapkan bahwa sistem ini dapat membantu operator dalam memitigasi risiko kerusakan satelit, meningkatkan kesiapan dalam menghadapi potensi ancaman, dan secara keseluruhan memperkuat stabilitas operasional satelit di masa depan.

I.2 Rumusan Masalah

Dalam perkembangan teknologi satelit, pemantauan dan deteksi dini anomali menjadi sangat penting untuk menjaga kinerja dan keselamatan satelit. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem yang tidak hanya memantau posisi satelit, tetapi juga mampu menganalisis anomali dan mendeteksi zona berbahaya. Beberapa permasalahan yang muncul adalah:

1. Bagaimana cara mengembangkan antarmuka web yang dapat menampilkan data anomali satelit dan cuaca antariksa?
2. Bagaimana membuat elemen visualisasi yang diperlukan untuk membantu operator satelit dalam menganalisis data dengan efektif?
3. Bagaimana cara memastikan bahwa antarmuka web mudah digunakan dan responsif di berbagai perangkat?

I.3 Tujuan Tugas Akhir

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi terhadap tantangan yang dihadapi peneliti dan operator satelit dalam mendeteksi dan memitigasi anomali yang

disebabkan oleh cuaca antariksa ekstrem. Dalam menghadapi kondisi ini, diperlukan suatu sistem yang mampu memantau dan memprediksi potensi bahaya bagi satelit. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengembangan teknologi yang dapat mempermudah peneliti dan operator satelit dalam melakukan pemantauan dan pengambilan langkah preventif guna mengurangi resiko kerusakan satelit. Adapun tujuan khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan antarmuka web berbasis Laravel yang dapat menampilkan data anomali satelit dan cuaca antariksa, dengan kemampuan untuk memproses dan menampilkan data hingga 500 data point per detik.
2. Menerapkan teknik visualisasi data yang efektif, seperti heatmap dan grafik garis, untuk memudahkan pemahaman informasi, dengan kemampuan untuk menampilkan setidaknya 4 jenis parameter cuaca antariksa dan anomali satelit secara bersamaan, serta menyediakan pengaturan interaktivitas (*zoom*, *filter*, dan pilihan parameter) oleh pengguna.
3. Membuat antarmuka yang responsif dan mudah digunakan dengan tingkat keterbacaan yang optimal di berbagai perangkat, memastikan pengalaman pengguna konsisten di layar dengan resolusi mulai dari 320px hingga 1920px, serta mencapai tingkat kepuasan pengguna dengan rasio terbaik berdasarkan survei yang mencakup aspek desain, navigasi, dan waktu respons interaksi.

I.4 Manfaat Tugas Akhir

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat signifikan dalam upaya meningkatkan pemantauan dan mitigasi anomali satelit yang disebabkan oleh cuaca antariksa. Manfaat yang diharapkan mencakup aspek praktis dan strategis bagi operator satelit, institusi akademik, pemerintah, dan peneliti. Berikut adalah penjabaran manfaat dari penelitian ini :

1. Bagi Operator Satelit: Antarmuka pengguna yang dikembangkan dalam sistem ini bertujuan untuk mempermudah operator dalam memantau kondisi satelit secara. Tampilan visual yang interaktif dan responsif mendukung operator untuk membaca data dan tren anomali dengan cepat dan jelas. Elemen UI yang

mudah dipahami memungkinkan operator untuk segera mengambil tindakan preventif saat terdeteksi potensi gangguan, tanpa kebingungan dalam interpretasi data. Dengan adanya prediksi cuaca antariksa berbasis *machine learning* dan visualisasi yang dinamis, sistem ini membantu operator dalam mendeteksi pola yang mencurigakan, meningkatkan akurasi dan kecepatan respons mereka dalam menghadapi situasi darurat.

2. Bagi Institusi: Pengembangan SIAS ini dapat menjadi referensi dan bahan ajar berharga di lingkungan akademik, terutama bagi mahasiswa yang fokus pada desain dan pengembangan antarmuka pengguna (*Frontend*). Dalam proyek ini, teknologi visualisasi data interaktif dan pendekatan desain web iteratif memberikan contoh nyata bagi mahasiswa untuk memahami tantangan dan solusi dalam pengembangan sistem kompleks berbasis data. Sistem ini juga menunjukkan cara mengimplementasikan tampilan yang ramah pengguna dan efisien untuk mengelola dan menyajikan big data, memberikan kontribusi pada mata kuliah di bidang Sistem Informasi dan pengalaman kerja sama riset dengan lembaga terkait.
3. Bagi Pemerintah, Penelitian ini dapat memberikan dasar yang kuat bagi pemerintah dalam merumuskan kebijakan terkait keamanan antariksa. Dengan visualisasi data dan analisis yang disediakan oleh sistem, pemerintah dapat lebih mudah menentukan zona aman dan berbahaya untuk operasi satelit, khususnya selama periode puncak aktivitas geomagnetik dan cuaca antariksa ekstrem. Pengetahuan ini akan berguna dalam pengelolaan ruang antariksa Indonesia dan membantu memperkuat regulasi untuk melindungi satelit dari gangguan potensial.
4. Bagi Peneliti, Antarmuka yang intuitif dan visualisasi yang interaktif dalam SIAS memungkinkan peneliti untuk lebih mudah menganalisis data dan pola anomali satelit. Dengan UI yang memudahkan navigasi dan eksplorasi data, peneliti dapat mengakses dan mengolah data historis maupun prediksi cuaca antariksa tanpa kesulitan, sehingga meningkatkan efisiensi dalam proses penelitian mereka. Sistem ini memungkinkan peneliti untuk menguji model prediksi dan mengamati pola data lebih detail melalui tampilan visual yang

disediakan, mendukung riset yang lebih mendalam tentang anomali satelit dan cuaca antariksa.

I.5 Batasan dan Asumsi Tugas Akhir

Bagian ini bertujuan untuk menjelaskan batasan dan asumsi yang digunakan sebagai pedoman dalam pengembangan tugas akhir. Batasan ditetapkan untuk memastikan bahwa ruang lingkup pengembangan sistem tetap terfokus, realistis, dan sesuai dengan sumber daya serta waktu yang tersedia. Hal ini mencakup aspek teknologi, data, fitur sistem, waktu pelaksanaan, serta cara operasional sistem. Adapun pengembangan sistem ini difokuskan pada bagian *frontend* menggunakan *framework* React.js, yang dirancang untuk menampilkan data cuaca antariksa, anomali satelit, dan informasi orbit dari *backend*. Visualisasi yang dikembangkan mencakup indeks geomagnetik (Kp), fluks proton, dan data orbit, melalui grafik interaktif, *dashboard*, dan tabel informasi. Antarmuka dirancang responsif dan diuji pada *browser* modern seperti Google Chrome dan Mozilla Firefox. Sistem ini tidak mencakup fitur lanjutan seperti autentikasi pengguna, analisis data, maupun pengembangan aplikasi *mobile* atau *progressive web app* (PWA).

Dari sisi teknologi, proyek ini menggunakan React.js dan pustaka pendukung seperti Chart.js untuk visualisasi data. Data yang ditampilkan berasal dari API *backend* dalam format JSON yang telah ditentukan strukturnya. Sistem dirancang untuk mampu menangani hingga 500 pengguna secara bersamaan, dengan waktu muat halaman utama kurang dari 3 detik pada koneksi standar. Proyek ini dikembangkan sebagai prototipe awal, sehingga pengujian terbatas hanya dilakukan pada data sampel dari *backend* dan lingkungan lokal, tanpa menyertakan pengujian performa untuk skala besar atau *server* produksi. Operasional sistem juga dibatasi pada pemrosesan data statis yang telah diolah oleh *backend*, tanpa pengolahan data langsung di *frontend*.

Sementara itu, asumsi digunakan untuk mendukung validitas desain dan implementasi sistem. Diasumsikan bahwa API *backend* telah menyediakan data yang konsisten dan sesuai struktur, sehingga frontend hanya bertugas menampilkan informasi tanpa validasi tambahan. Diharapkan pula koneksi antara *frontend* dan *backend* berlangsung stabil selama proses pengembangan. Asumsi teknologi mencakup keandalan *framework* React.js dan pustaka pendukungnya untuk berjalan

di *browser* modern, serta kemampuan server uji dalam menangani proses pengembangan tanpa gangguan teknis. Dengan demikian, pengembangan dapat difokuskan pada fungsionalitas antarmuka dan visualisasi data.

Dari sisi pengguna dan tim pengembang, diasumsikan bahwa pengguna memiliki pemahaman dasar dalam menggunakan antarmuka web, dan tim pengembang memiliki kemampuan teknis yang memadai untuk mengimplementasikan fitur *frontend* sesuai kebutuhan sistem. Penetapan batasan dan asumsi ini sangat penting untuk menjaga pengembangan tetap sesuai arah dan kapasitas yang tersedia. Batasan menjaga ruang lingkup tetap realistis dalam konteks penelitian, sedangkan asumsi berperan untuk mengatasi ketidakpastian teknis dan operasional yang mungkin muncul selama pelaksanaan proyek.

I.6 Sistematika Laporan

Laporan tugas akhir ini disusun secara sistematis agar pembaca dapat mengikuti alur pemikiran dan tahapan pengembangan antarmuka *Frontend* SIAS dengan lebih mudah. Proyek ini menekankan pengembangan sistem visualisasi data anomali satelit dan cuaca antariksa yang terintegrasi dengan *Backend* Laravel dan API eksternal. Oleh karena itu, struktur laporan dibagi menjadi enam bab utama sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Bab ini memberikan gambaran umum mengenai pentingnya pengembangan sistem pemantauan anomali satelit berbasis web, yang dilatarbelakangi oleh kebutuhan visualisasi data anomali dan cuaca antariksa secara interaktif dan informatif, serta keterbatasan sistem lama yang kurang mendukung pemantauan dan pengambilan keputusan. Bab ini juga memuat perumusan masalah yang menjadi fokus penelitian, tujuan pengembangan yang ingin dicapai baik dari sisi fungsionalitas maupun kemudahan penggunaan, serta manfaat sistem bagi pengguna dan pengembangan keilmuan. Selain itu, dijelaskan pula batasan ruang lingkup sistem *Frontend* dan asumsi yang mendasari proses pengembangan, diakhiri dengan uraian sistematika penulisan laporan secara keseluruhan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini menyajikan kajian teori dan studi terdahulu yang menjadi landasan pengembangan sistem. Di dalamnya dibahas definisi dan konsep dasar mengenai anomali satelit serta pengaruh parameter cuaca antariksa terhadap kinerja sistem satelit. Selain itu, bab ini mengulas teori-teori pendukung yang berkaitan dengan proses visualisasi data berbasis web, penerapan *Unified Modeling Language* (UML) dalam proses perancangan sistem, serta berbagai teknologi *Frontend* yang digunakan, seperti *framework* dan *library* untuk membangun antarmuka yang interaktif dan responsif. Bab ini juga memuat hasil *Systematic Literature Review* (SLR) yang dilakukan secara terstruktur untuk mengidentifikasi metode pengembangan, fitur-fitur penting, serta pendekatan visualisasi yang paling sesuai untuk kebutuhan pemantauan anomali satelit. Melalui kajian literatur ini, diperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai tren pengembangan sistem serupa dan best practices yang dapat diterapkan pada pengembangan sistem yang dilakukan.

Bab III Metodologi Penyelesaian Masalah

Bab ini menguraikan pendekatan metodologis yang digunakan dalam pengembangan sistem, yaitu metode *Iterative Incremental*. Proses penyelesaian masalah dijabarkan dalam tiga tahap utama: tahap awal (konseptual dan studi literatur), tahap pengembangan aplikasi (perencanaan, analisis, desain, implementasi, dan pengujian antarmuka), serta tahap akhir (evaluasi dan dokumentasi). Diagram alur metode juga disajikan untuk mempermudah pemahaman.

Bab IV Penyelesaian Permasalahan

Bab ini membahas secara mendalam proses pengembangan antarmuka SIAS dalam dua iterasi. Pada iterasi pertama, pengembangan difokuskan pada implementasi antarmuka dasar menggunakan *Blade* Laravel dan *Bootstrap 5*. Fitur utama yang dibangun meliputi visualisasi tren anomali berbasis waktu, grafik parameter cuaca antariksa, dan tampilan *heatmap* orbit satelit berbasis data partikel. Pengambilan data dilakukan secara dinamis menggunakan *AJAX*, dan visualisasi didukung oleh

pustaka Chart.js dan Leaflet.js. Sementara pada iterasi kedua, pengembangan diarahkan pada penyempurnaan sistem berdasarkan hasil evaluasi sebelumnya. Fokus peningkatan meliputi integrasi lintasan orbit ke dalam visualisasi peta panas, penambahan modul *Satellite Anomaly* untuk fungsi *Create, Read, Update, Delete* (CRUD) data anomali, serta fitur ekspor visualisasi ke format CSV, PNG, dan PDF. Diagram seperti *use case*, *activity*, *sequence*, dan *Class Diagram* turut disertakan untuk memodelkan alur sistem dan interaksi antarkomponen secara teknis dan terstruktur.

Bab V Validasi, Analisis Hasil, Implikasi

Bab ini memaparkan hasil pengujian sistem *Frontend* yang telah dikembangkan, dengan menggunakan metode *System Usability Scale* (SUS) yang dilaksanakan setelah proses pengembangan pada iterasi kedua selesai. Pengujian ini melibatkan responden yang mewakili pengguna akhir, seperti peneliti dan operator satelit, untuk memperoleh gambaran kuantitatif dan kualitatif terkait tingkat kegunaan, kenyamanan interaksi, kemudahan navigasi, serta efektivitas tampilan visualisasi data yang disajikan oleh sistem. Analisis hasil pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performa sistem, mencakup kecepatan akses, interaktivitas antarmuka, konsistensi desain, dan akurasi penyajian informasi. Selain itu, bab ini juga membahas implikasi dari pengembangan sistem dalam konteks operasional pemantauan satelit, mencermati kontribusinya terhadap proses pengambilan keputusan serta potensi manfaat yang dapat diperoleh oleh institusi pengguna.

Bab VI Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi rangkuman hasil pengembangan sistem dan pencapaian yang telah diperoleh dari dua iterasi. Kesimpulan disusun berdasarkan keberhasilan implementasi fitur visualisasi, integrasi data dengan REST API, serta hasil evaluasi *usability*. Saran pengembangan diarahkan pada perluasan fungsionalitas sistem, optimalisasi performa antarmuka, peningkatan fleksibilitas ekspor data, serta penguatan integrasi sistem prediksi.