

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan negara dengan tingkat bencana tertinggi di dunia berdasarkan *World Risk Report 2023* Indonesia menduduki peringkat kedua setelah Filipina [1]. Dengan letak geografis Indonesia yang berada di pertemuan 3 lempeng tektonik aktif dan berada di kawasan Cincin Api Pasifik yang menjadikan negara Indonesia sangat rentan terhadap berbagai jenis bencana alam seperti gempa bumi, banjir, tanah longsor, dan angin puting beliung. Tingginya frekuensi dan dampak bencana ini Indonesia dituntut untuk memiliki sistem pemantauan dan respon cepat, akurat, dan efisien. Namun sistem yang telah ada memiliki kendala seperti keterbatasan infrastruktur ketika terjadi bencana, kurangnya jangkauan penggunaan sensor pada wilayah terpencil, hingga keterlambatan pengolahan dan pengiriman data.

Dalam menghadapi tantangan tersebut berbagai teknologi pemantauan dan mitigasi bencana telah diimplementasikan di Indonesia mulai dari sistem peringatan dini berbasis sensor darat, pemantauan menggunakan CCTV, hingga penggunaan data satelit resolusi tinggi dari lembaga internasional seperti NASA, JAXA, dan LAPAN. Meskipun teknologi tersebut memberikan kontribusi besar masih terdapat sejumlah keterbatasan. Sistem sensor darat dan pemantauan lokal sangat bergantung pada infrastruktur komunikasi dan jaringan listrik yang justru sering kali rusak atau lumpuh saat bencana terjadi. Di sisi lain penggunaan satelit konvensional membutuhkan biaya tinggi dan proses integrasi yang *kompleks*, sehingga sulit diakses oleh daerah terpencil atau lembaga skala kecil [2].

Dibandingkan sistem pemantauan eksisting, *PocketQube* memiliki sejumlah keunggulan signifikan. Satelit ini tidak bergantung pada infrastruktur komunikasi dan listrik di darat sehingga tetap dapat beroperasi saat jaringan lokal lumpuh akibat bencana. Dengan jalur orbit yang melewati berbagai wilayah

*PocketQube* juga mampu menjangkau daerah terpencil yang belum terlayani oleh sensor darat. Meskipun memiliki keterbatasan dalam hal resolusi citra dan kapasitas transmisi dibanding satelit besar *PocketQube* unggul dalam fleksibilitas, biaya rendah, dan kecepatan pengembangan [3].

Penggunaan *Single Board Computer* (SBC) sebagai inti dari *On Board Computer* (OBC) dalam *PocketQube* memungkinkan pengolahan data dan manajemen sistem dilakukan secara efisien dan adaptif. SBC menawarkan integrasi tinggi, ukuran ringkas, serta kompatibilitas dengan berbagai sensor dan protokol komunikasi menjadikannya solusi tepat untuk aplikasi pemantauan berbasis satelit mini. Dengan karakter dari *PocketQube* ini berpotensi menjadi pelengkap strategis bagi sistem pemantauan bencana nasional terutama untuk deteksi awal, observasi spasial, dan dukungan respons cepat di wilayah rawan bencana [3].

Dalam era satelit miniatur seperti PicoSat atau CubeSat, pemantauan orientasi dan dinamika gerak satelit menjadi aspek penting dalam menjaga stabilitas dan keakuratan komunikasi serta pengambilan data. Salah satu sensor yang umum digunakan untuk tujuan tersebut adalah MPU6050, sebuah sensor Inertial Measurement Unit (IMU) yang mengintegrasikan akselerometer 3-sumbu dan giroskop 3-sumbu.

MPU6050 memungkinkan pengukuran pitch, roll, dan yaw untuk mendeteksi perubahan orientasi satelit terhadap sumbu inersia Bumi. Keunggulannya terletak pada konsumsi daya rendah, ukuran kecil, dan integrasi dua sensor dalam satu chip, menjadikannya sangat cocok untuk misi satelit kecil dengan keterbatasan ukuran dan daya [4].

Salah satu tantangan utama dalam sistem satelit mini adalah keterbatasan dalam komunikasi data secara real-time ke stasiun bumi. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan jangkauan, bandwidth, serta keterikatan pada waktu lintasan satelit terhadap wilayah pengamatan. Oleh karena itu, diperlukan sistem penyimpanan data lokal yang andal, dan microSD card menjadi salah satu solusi yang paling umum digunakan [5].

## 1.2. Rumusan Masalah

Pada penelitian yang akan dilakukan terdapat beberapa rumusan masalah diantaranya:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem On-Board Computer (OBC) yang dapat beroperasi secara andal pada kondisi lingkungan ekstrem di misi orbit rendah?
2. Bagaimana merancang sistem pencatatan dan penyimpanan data sensor yang efisien menggunakan mikrokontroler dan SD card dalam keterbatasan memori dan ruang pada satelit mini?
3. Bagaimana menguji dan memastikan kestabilan serta efisiensi sistem OBC terhadap kondisi lingkungan ekstrem seperti fluktuasi suhu, dan keterbatasan daya dalam misi orbit rendah?

## 1.3. Tujuan

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan yang harus tercapai yaitu:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem OBC yang dapat beroperasi secara andal pada kondisi lingkungan ekstrem di misi orbit rendah.
2. Merancang sistem pencatatan dan penyimpanan data sensor yang efisien menggunakan mikrokontroler dan SD card dalam keterbatasan memori dan ruang pada satelit mini.
3. Menguji dan memastikan kestabilan serta efisiensi sistem OBC terhadap berbagai kondisi lingkungan ekstrem, termasuk fluktuasi suhu dan keterbatasan daya, agar sistem tetap dapat berfungsi andal dalam misi orbit rendah.

#### 1.4. Manfaat Hasil Penelitian

Berdasarkan tujuan dan hasil yang diperoleh, penelitian ini diharapkan dapat memberikan sejumlah manfaat baik secara teoritis maupun praktis. Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mendukung komunikasi kebencanaan yang efektif, baik dalam fase pra-bencana, saat bencana berlangsung, maupun pasca-bencana.
2. Memberikan informasi yang cepat dan akurat kepada masyarakat serta pihak berwenang sehingga memungkinkan *respons* yang lebih cepat dan tepat sasaran.
3. Mendukung sistem peringatan dini melalui pemrosesan data secara real-time untuk deteksi dan prediksi potensi bencana.
4. Meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat, dengan cara menyebarluaskan peringatan dan edukasi kebencanaan secara merata, termasuk di daerah terpencil.
5. Mengurangi dampak buruk bencana, baik dari sisi korban jiwa maupun kerugian material, melalui distribusi informasi yang efisien dan terkoordinasi.
6. Menyediakan solusi pemantauan berbasis teknologi luar angkasa yang hemat daya, portabel, dan tidak tergantung pada infrastruktur lokal yang rentan rusak saat bencana.
7. Menjawab tantangan geografis Indonesia sebagai negara rawan bencana, dengan pendekatan teknologi yang lebih fleksibel dan dapat diakses oleh lembaga kecil maupun komunitas lokal.

## 1.5 Batasan Masalah

Dari tujuan yang ingin dicapai penelitian ini juga memiliki batasan masalah diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Kapasitas prosesor terbatas karena OBC yang digunakan pada piko satelit memiliki keterbatasan dalam kapasitas pemrosesan sehingga pengembangan sistem harus mempertimbangkan efisiensi pemrosesan data.
2. Sistem OBC harus memastikan penghematan daya yang ketat untuk memperpanjang umur operasional satelit yang berarti perangkat lunak dan perangkat keras harus dirancang agar hemat energi.
3. Kompleksitas Integrasi Subsistem, OBC harus mampu berkoordinasi dengan subsistem lain seperti TTC dan sistem daya tanpa mengorbankan efisiensi kinerja keseluruhan

## 1.6 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode perancangan dan implementasi yang meliputi beberapa tahapan berikut:

### 1. Studi literatur/ Studi Teoritis

Studi ini diawali dengan kajian literatur yang membahas arsitektur dan desain On-Board Computer (OBC) pada piko satelit. Fokus utama adalah memahami fungsi OBC dalam mengelola data dan sistem pengendalian satelit, termasuk pengolahan sinyal komunikasi serta manajemen daya. Selain itu, penelitian ini juga mempelajari protokol komunikasi yang umum digunakan dalam OBC untuk aplikasi satelit dan Internet of Things (IoT).

### 2. Pengukuran Empirik

Tahap ini melibatkan pengujian performa OBC yang diintegrasikan dengan modul komunikasi *LoRa*. Pengujian bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi daya dan kapasitas pemrosesan OBC dalam skenario operasional nyata serta mengukur waktu tunda (*latency*) dan kecepatan transmisi data (*throughput*) saat berkomunikasi dengan sistem pelacakan dan kendali (TTC) serta subsistem lainnya.

### **3. Analisis Statistik**

Data hasil pengujian dianalisis secara statistik untuk mengevaluasi stabilitas dan efisiensi kerja OBC. Analisis ini juga digunakan untuk membandingkan performa OBC pada berbagai kondisi operasional sehingga dapat diketahui kekuatan dan keterbatasan sistem secara kuantitatif.

### **4. Uji Kinerja dan Validasi**

Prototipe OBC yang telah dirancang diuji dalam berbagai skenario simulasi. Tujuan dari uji ini adalah mengevaluasi respons sistem terhadap tugas komunikasi dan pengendalian satelit. Hasil uji kemudian dimonitor untuk memastikan stabilitas dan keandalan fungsi OBC dalam kondisi lingkungan yang berbeda

## **1.7 Proyeksi Pengguna**

Penelitian ini memiliki target pengguna diantaranya adalah:

1. Perusahaan satelit yang mengadopsi merancang dan memproduksi satelit, dapat mengimplementasikan OBC yang lebih efisien untuk mengelola data dan menjalankan operasi satelit dengan konsumsi daya yang lebih rendah.
2. Pusat penelitian teknologi yang fokus pada pengembangan sistem komputer miniatur untuk satelit, yang dapat menggunakan OBC dalam eksperimen dan proyek inovasi teknologi.
3. Pendidikan dan pelatihan yang dapat menggunakan OBC sebagai contoh dalam kurikulum pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak untuk satelit.