

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia adalah salah satu negara yang berada di wilayah rawan bencana nomor 2 di dunia setelah Filipina, menurut data dari *World Risk Report* tahun 2023 dengan nilai *index* risiko 43,50[1]. Hal tersebut bisa terjadi karena Indonesia berada pada Kawasan Cincin Api Pasifik di mana merupakan pertemuan tiga lempeng tektonik dunia seperti Lempeng Indo - Australia, Lempeng Eurasia dan Lempeng Pasifik[2]. Setiap tahun wilayah di Indonesia selalu dilanda berbagai bencana alam karena faktor alam seperti tsunami, gempa bumi, letusan gunung berapi, angin puting beliung, banjir bandang dan masih banyak lagi, serta faktor bencana yang disebabkan oleh manusia itu sendiri seperti banjir, kebakaran hutan, dan pencemaran lingkungan[1].

Pengelolaan serta mitigasi bencana yang efektif sangat dibutuhkan untuk meminimalkan terjadinya korban nyawa dan dampak kerusakan lainnya[3]. Luasnya wilayah Indonesia dan keterbatasan jaringan komunikasi konvensional di beberapa daerah menjadi tantangan dalam mitigasi bencana. Oleh karena itu, dibutuhkan inovasi teknologi seperti penggabungan LoRa dan satelit untuk mengatasi hambatan tersebut.

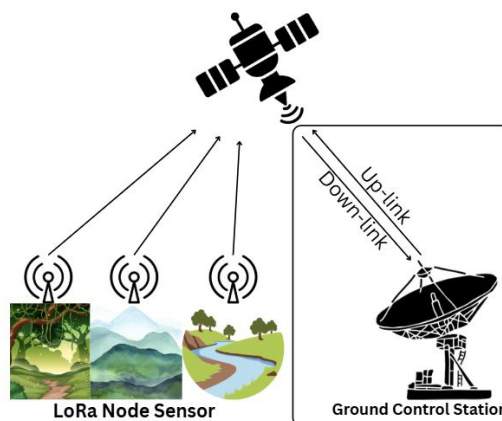
Teknologi nirkabel seperti LoRa (*Long Range*) adalah salah satu sistem komunikasi yang memiliki kelebihan yaitu hemat daya yang dapat menjangkau area luas dengan biaya operasional yang murah sehingga menjadikan salah satu opsi yang ideal untuk menghubungkan perangkat di wilayah terpencil[4],[5]. Sehingga menjadikan LoRa sangat cocok untuk sistem komunikasi untuk mitigasi bencana pada wilayah yang sulit dijangkau oleh jaringan komunikasi konvensional[6].

LoRa bekerja pada frekuensi tidak berlisensi dan dapat digunakan dalam topologi jaringan bervariasi, baik untuk komunikasi *point-to-point* maupun jaringan terdistribusi yang kompleks[7]. Teknologi ini mampu mempertahankan keandalannya meski menghadapi gangguan atau kondisi lingkungan yang

menantang[8]. Dengan efisiensi daya yang luar biasa, perangkat LoRa dapat bertahan bertahun-tahun hanya dengan sumber daya baterai minimal, membuatnya sangat ideal untuk aplikasi lapangan[8].

Di sisi lain, komunikasi berbasis satelit telah menjadi komponen penting dalam mendukung operasi di daerah terpencil, termasuk mitigasi bencana[9]. Satelit dapat memberikan kemampuan untuk menghubungkan sistem LoRa dengan *ground control station* yang berlokasi jauh[10]. *Ground control station* berbasis LoRa, yang didesain untuk berkomunikasi dengan satelit ini, dapat digunakan untuk memberi perintah pada satelit. Pada sisi lain terdapat *node* sensor yang berfungsi untuk mengirim data dari sensor mitigasi bencana yang dikirim melalui LoRa. Pada studi yang dikerjakan hanya mencakup dan merancang pada bagian *Ground control station* sebagai pusat kontrol terhadap satelit.

LoRa *node* sensor memainkan peran penting dalam sistem komunikasi mitigasi bencana. Perangkat LoRa *node* sensor digunakan untuk mengumpulkan data dari berbagai jenis sensor mitigasi bencana, seperti sensor getaran tanah (seismik), sensor ketinggian air, dan sensor cuaca. Data dari sensor-sensor ini kemudian dikirim melalui jaringan LoRa yang dapat menjangkau wilayah yang sulit dijangkau oleh jaringan komunikasi konvensional. Meskipun demikian, LoRa *node* sensor hanya berfungsi sebagai pengumpul data dan tidak dapat memprosesnya lebih lanjut. Oleh karena itu, komunikasi yang andal antara node sensor dan pusat kendali sangat dibutuhkan.



Gambar 1. 1 Topologi Sistem GCS, LoRa Node Sensor dan PocketCube

Pengembangan *ground control station* berbasis LoRa untuk *Pocket Cube* memerlukan desain yang matang agar mampu mengelola data dengan efisien serta mengatasi kendala-kendala seperti gangguan cuaca dan keterbatasan daya. Desain yang direncanakan harus mempertimbangkan integrasi yang efisien antara sistem LoRa dan sistem pengendali satelit untuk mengoptimalkan fungsionalitas dan keandalan sistem secara keseluruhan[11]. Dengan integrasi ini, data dapat dikirim dengan lebih andal ke pusat pemantauan meskipun dihadapkan dengan kondisi yang ekstrem.

Desain GCS berbasis LoRa untuk *PocketCube* memerlukan perhatian khusus terhadap efisiensi pengelolaan data dan kemampuan untuk mengatasi tantangan lingkungan ekstrem serta keterbatasan daya. Pengujian terhadap GCS dalam kondisi cuaca ekstrem dan berbagai mode konsumsi daya (*aktif, idle, sleep*) sangat penting untuk memastikan keandalan sistem dalam jangka panjang. Meskipun LoRa *node* sensor memiliki peran penting dalam pengumpulan data, penelitian ini difokuskan pada pengembangan dan pengujian GCS sebagai pusat kontrol terhadap komunikasi antara LoRa *node* sensor dan satelit *PocketCube*, untuk memastikan sistem dapat berfungsi dengan baik dalam mitigasi bencana di Indonesia.

1.2.Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang sistem perangkat *ground control station* agar bisa berintegrasi dengan *pocketcube*?
2. Bagaimana meningkatkan efisiensi jarak perangkat LoRa menjadi maksimal untuk penggunaan komunikasi satelit ?
3. Bagaimana memastikan keandalan perangkat dalam kondisi cuaca ekstrem yang sering terjadi di Indonesia?
4. Bagaimana meminimalkan *latency* dalam pengiriman data sensor melalui jaringan LoRa dan satelit *PocketCube* untuk mendukung respons cepat?
5. Bagaimana mengoptimalkan konsumsi daya sistem untuk memastikan operasional jangka panjang?

1.3. Tujuan

1. Merancang prototipe stasiun bumi berbasis LoRa untuk komunikasi data dengan *PocketCube*.
2. Mengintegrasikan teknologi komunikasi LoRa dengan satelit *PocketCube* guna meningkatkan jangkauan komunikasi.
3. Mengembangkan perangkat yang tahan gangguan untuk memastikan keandalan transmisi data di bawah kondisi cuaca yang tidak menentu.
4. Meminimalkan *latency* dalam pengiriman data sensor untuk mendukung respons cepat.
5. Mengoptimalkan konsumsi daya sistem untuk memastikan operasional jangka panjang.

1.4. Manfaat Hasil Penelitian

1. **Meningkatkan efisiensi pengurangan risiko bencana:** Sebagai hasil dari pengembangan stasiun bumi berbasis LoRa untuk *PocketCube*, sistem komunikasi dapat bekerja secara efektif sehingga menjadi lebih efisien.
2. **Memberikan Solusi Penghematan Daya:** Desain yang efisien memungkinkan perangkat bertahan lebih lama dengan sumber daya yang terbatas sehingga ideal untuk operasi lapangan dalam jangka waktu yang lama.
3. **Menyediakan Infrastruktur Komunikasi Alternatif:** Stasiun bumi ini dapat berfungsi sebagai sarana komunikasi di daerah yang tidak dapat dilayani oleh infrastruktur konvensional, dan juga dapat meningkatkan aplikasi lain seperti pemantauan lingkungan atau pengelolaan sumber daya alam.
4. **Kontribusi terhadap kemajuan Ilmu Pengetahuan:** Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi dan kerangka kerja untuk penelitian-penelitian selanjutnya di bidang komunikasi satelit berbasis LoRa dan sistem untuk penanggulangan bencana.
5. **Meningkatkan Kapasitas Nasional dalam Teknologi Satelit:** Proyek ini dapat membantu Indonesia untuk meningkatkan kompetensi dalam bidang teknologi satelit dan aplikasi komunikasi yang mendukung kebutuhan nasional.

1.5. Batasan Masalah

1. **Lingkup Area Pengujian:** Pengujian sistem stasiun bumi berbasis LoRa terbatas hanya pada area yang memiliki kondisi periferal tertentu dan ada kemungkinan banyak jenis kondisi geografis yang tidak tercakup.
2. **Jenis Satelit:** Ruang lingkup penelitian ini hanya pada komunikasi dengan PocketCube dan tidak mencakup jenis satelit lain yang mungkin memiliki fitur tertentu.
3. **Frekuensi LoRa:** Sistem ini bekerja dengan frekuensi LoRa tak berlisensi yang berlaku di Indonesia dan penelitian ini tidak mencakup pemanfaatan frekuensi berlisensi.
4. **Keterbatasan Perangkat Keras:** Komponen perangkat keras yang digunakan dalam penelitian dan studi ini mungkin mengalami keterbatasan dalam hal ketahanan dan fungsi dalam kondisi cuaca ekstrem.
5. **Integrasi Sistem:** Penelitian ini hanya membahas integrasi dasar stasiun bumi LoRa dengan *PocketCube* dan tidak termasuk integrasi aplikasi lain atau perangkat lunak tambahan yang akan membuat analisis data menjadi lebih kompleks.

1.6. Metode Penelitian

1. **Studi Literatur:** Memperoleh pengetahuan tentang teknologi LoRa, satelit *PocketCube*, dan *ground control station* melalui studi literatur.
2. **Desain Sistem:** Merancang arsitektur dan perangkat keras stasiun bumi LoRa yang terdiri dari pemilihan komponen yang dibutuhkan dan desain prototipe.
3. **Pengembangan Prototipe:** Mengembangkan dan mengintegrasikan prototipe stasiun bumi LoRa dengan sistem komunikasi *PocketCube*.
4. **Pengujian dan Evaluasi:** Menguji sistem dalam berbagai kondisi lingkungan dan menganalisis hasil yang diperoleh sehubungan dengan kinerja, keandalan, dan efisiensi.
5. **Analisis Data:** Mengevaluasi kinerja sistem berdasarkan data pengukuran, yang juga berfungsi untuk membandingkan sistem dengan spesifikasi persyaratan.

1.7. Proyeksi Pengguna

1. **Lembaga Penanggulangan Bencana:** Seperti Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), untuk meningkatkan efisiensi sistem komunikasi dalam mitigasi bencana.
2. **Industri Telekomunikasi:** Perusahaan telekomunikasi yang ingin mengembangkan solusi komunikasi alternatif untuk area terpencil atau bencana.
3. **Pemerintah dan Organisasi Non-Profit:** Organisasi yang berfokus pada pengelolaan sumber daya alam dan pemantauan lingkungan dapat menggunakan teknologi ini untuk mendukung misi mereka.
4. **Akademisi dan Peneliti:** Peneliti di bidang teknologi komunikasi, satelit, dan IoT dapat menggunakan hasil penelitian ini sebagai referensi untuk pengembangan lebih lanjut.
5. **Komunitas Teknologi Satelit:** Seperti komunitas mahasiswa atau *startup* yang fokus pada inovasi teknologi satelit dan aplikasi komunikasi berbasis LoRa.