

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Berdasarkan dokumentasi Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), sepanjang tahun 2018 tercatat 2.564 bencana yang menyebabkan 3.349 korban jiwa, lebih tinggi dibandingkan tahun 2017. Selain itu, 21.064 orang terluka, 1.432 orang hilang, dan 10,2 juta orang mengungsi. Tiga bencana besar pada tahun 2018 yang memakan korban jiwa dalam jumlah besar terjadi di Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Tengah (gempa bumi, tsunami, dan gunung meletus), serta Selat Sunda akibat longsoran bawah laut dan letusan Gunung Anak Krakatau. Dalam situasi ini, komunikasi *terrestrial* sering kali terganggu karena menara telekomunikasi yang rusak akibat bencana. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem komunikasi alternatif yang tetap berfungsi meskipun infrastruktur darat terputus, salah satunya dengan menggunakan komunikasi satelit. Teknologi satelit, seperti LoRa, yang memiliki konsumsi daya rendah dan jangkauan transmisi luas, dapat memastikan kelancaran komunikasi darurat, peringatan dini, serta koordinasi antara pihak berwenang dan masyarakat terdampak bencana.

Penelitian terbaru mengenai komunikasi menggunakan LoRa dengan nanosatelit orbit rendah (LEO) menunjukkan bahwa teknologi ini memiliki potensi besar untuk mendukung sistem TTC dalam komunikasi satelit[1]. LoRa, yang memanfaatkan modifikasi CSS, memungkinkan transmisi data jarak jauh dengan konsumsi daya yang rendah, menjadikannya sangat cocok untuk perangkat komunikasi yang terletak di area terpencil atau sulit dijangkau. Sebagai platform uji, berbagai parameter seperti SF, BW, dan CR dikaji untuk menentukan konfigurasi optimal guna meningkatkan kualitas transmisi data. LoRa mampu mengatasi kendala khas komunikasi luar angkasa, termasuk gangguan saluran yang seringkali mempengaruhi stabilitas dan keandalan transmisi. Penggunaan teknologi LoRa pada sistem komunikasi satelit ini memungkinkan perangkat komunikasi di bumi berkomunikasi langsung dengan

satelit tanpa memerlukan *gateway* tambahan, sehingga mendukung penyebaran jaringan komunikasi di wilayah luas dengan infrastruktur minimal[2]

PocketCube menawarkan solusi efisien untuk misi di orbit rendah (LEO) dengan biaya yang lebih rendah, kompleksitas pembuatan yang rendah dan peningkatan fleksibilitas dibandingkan satelit tradisional[3][4]. Namun, tantangan utama dalam operasional *PocketCube* adalah sistem komunikasi, khususnya sistem TTC, yang memainkan peran vital dalam memastikan keberlanjutan komunikasi antara satelit dan GCS serta cakupan area yang tidak sebesar satelit yang mengorbit pada GEO[5].

Penelitian ini mengusulkan solusi berbasis LoRa karena keunggulannya dalam jarak komunikasi yang jauh dan konsumsi daya yang rendah, yang menjadikannya pilihan ideal untuk *PocketCube*[6]. Fokus penelitian ini adalah pada optimasi protokol TTC, yang dirancang untuk menjaga stabilitas komunikasi antara *PocketCube* dan GCS di permukaan bumi[7]. *Power budget* yang dibutuhkan untuk operasi *PocketCube* 1P di bawah kondisi pencahayaan rata-rata adalah sekitar 470 mW[8]. Hal ini menunjukkan pentingnya pengelolaan daya yang efisien agar komunikasi dapat tetap stabil dan terjaga meskipun dengan daya terbatas.

Pengembangan sistem komunikasi berbasis LoRa ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam peningkatan efisiensi komunikasi satelit miniatur, terutama untuk aplikasi *PocketCube*[9]. Dengan memanfaatkan teknologi LoRa, diharapkan sistem ini tidak hanya mampu menjaga komunikasi yang stabil, tetapi juga menghemat daya, memperpanjang masa operasional satelit[10].

Oleh karena itu, latar belakang masalah dalam tugas akhir ini bisa memfokuskan pada bagaimana komunikasi yang efektif yang berbasiskan satelit yang dapat memitigasi risiko bencana, serta bagaimana kesiapsiagaan dan peran aktif masyarakat melalui komunikasi yang baik dapat menyelamatkan nyawa dan harta benda.

1.2. Rumusan Masalah

- 1 Bagaimana merancang sistem komunikasi TTC berbasis LoRa yang andal untuk *PocketCube*, yang mampu mempertahankan stabilitas komunikasi dalam kondisi lingkungan orbit rendah yang dinamis?
- 2 Bagaimana mengoptimalkan pemanfaatan daya dalam sistem TTC berbasis LoRa tanpa mengorbankan kualitas komunikasi?
- 3 Bagaimana pengaruh parameter LoRa, seperti SF, BW, dan CR, terhadap performa komunikasi TTC pada *PocketCube*?

1.3. Tujuan

1. Pengembangan sistem TTC berbasis LoRa yang menyediakan komunikasi andal antara *PocketCube* dan GCS di permukaan bumi.
2. Pengiriman data TTC dari *PocketCube* dengan konsumsi daya di bawah 0.5 Watt.
3. Mengoptimalkan parameter LoRa seperti SF, BW, dan CR guna memastikan keberhasilan komunikasi TTC.

1.4. Manfaat Hasil Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mendukung komunikasi bencana alam yang memiliki peran penting dalam upaya mitigasi, baik sebelum, saat, maupun setelah bencana terjadi. Efektivitas komunikasi dapat mengurangi dampak buruk dari bencana tersebut dengan memberikan informasi tepat yang waktu, menyampaikan peringatan dini, serta mendorong masyarakat untuk bersiap dan tangguh menghadapi bencana. Terutama pada negara yang berada di wilayah geografis yang rentan terhadap berbagai bencana alam seperti gempa bumi, gunung meletus, banjir, tanah longsor, tsunami, dan angin puting beliung. Hasil penelitian ini menawarkan sejumlah manfaat yang signifikan.

1.5. Batasan Masalah

1. Fluktuasi Sinyal di Orbit Rendah: Stabilitas sinyal TTC dapat terganggu oleh kondisi lingkungan di orbit rendah (LEO), yang menuntut pengembangan protokol yang lebih adaptif terhadap situasi tersebut.
2. Daya Terbatas: TTC harus dirancang untuk beroperasi dengan sumber daya yang sangat terbatas pada *PocketCube*, menjadikan penggunaan daya yang rendah sebagai prioritas utama.
3. Cakupan Area Komunikasi: Cakupan komunikasi TTC terbatas oleh jarak dan orbit satelit, yang lebih kecil dibandingkan dengan satelit GEO atau MEO.
4. Komunikasi Terbatas: Sistem komunikasi yang dikembangkan hanya mendukung komunikasi antara satu GCS dan satu *PocketCube* pada suatu waktu.

1.6. Metode Penelitian

- a. Studi Teoritis / Studi Literatur
 1. Meneliti berbagai protokol dan algoritma yang digunakan dalam sistem TTC untuk *PocketCube*.
 2. Mengkaji literatur tentang tantangan dalam komunikasi TTC, terutama untuk satelit yang beroperasi di LEO
- b. Pengukuran Empirik
 1. Menguji implementasi protokol TTC menggunakan modul LoRa untuk mengukur efektivitas komunikasi dalam kondisi nyata.
 2. Mengumpulkan data tentang frekuensi sinyal dan kualitas komunikasi selama pengujian TTC.

c. Analisis Statistik

1. Menganalisis hasil pengujian TTC dengan statistik deskriptif untuk mengevaluasi performa dan stabilitas sistem.
2. Menggunakan data tersebut untuk melakukan analisis regresi atau metode statistik lainnya yang relevan.

d. Perancangan dan Implementasi

1. Mendesain protokol TTC yang dioptimalkan untuk komunikasi berbasis LoRa dengan fokus pada pengurangan latensi dan penggunaan daya.
2. Membangun sistem TTC yang dapat beroperasi secara efektif antara *PocketCube* dan GCS.

e. Uji Kinerja dan Validasi

1. Melaksanakan serangkaian uji coba untuk memverifikasi kinerja sistem TTC dalam berkomunikasi dengan OBC dan GCS.
2. Memantau dan mengevaluasi kinerja TTC dalam situasi nyata untuk memastikan keberhasilan misi *PocketCube*.

1.7. Proyeksi Pengguna

1. Badan Antariksa:
 - Lembaga pemerintah atau swasta yang melakukan penelitian luar angkasa dan pengembangan teknologi satelit, dapat menggunakan TTC untuk meningkatkan komunikasi dan pemantauan misi satelit.
2. Lembaga Penanggulangan Bencana:
 - Organisasi yang menangani respon terhadap bencana dapat memanfaatkan TTC untuk melakukan monitoring dan pelaporan data *real-time* dari satelit, yang berguna dalam pengambilan keputusan selama bencana.
3. Universitas dan Lembaga Penelitian:
 - Institusi pendidikan yang fokus pada teknologi komunikasi luar angkasa, yang dapat menggunakan TTC sebagai bagian dari penelitian dan pengembangan proyek satelit miniatur.