

IMPLEMENTASI SENSOR INERTIAL MEASUREMENT UNIT PADA SISTEM MONITORING ARAH ANTENA VSAT MENGGUNAKAN MODUL LORA

Faiz Nizaar Alpudli¹, Shita Herfiah²

^{1,2}Program Studi Broadband Multimedia, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta;
Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy, Kukuasan, Beji, Depok City, West Java 16425; (021) 7270036

Keywords:

VSAT; Internet of Things (IoT); LoRa 915 MHz; MPU-9250; ESP32

Correspondent Email:

shita.herfiah@elektro.pnj.ac.id

Abstrak. Antena *Very Small Aperture Terminal* (VSAT) merupakan komponen penting dalam komunikasi satelit yang membutuhkan orientasi akurat untuk menjaga kualitas sinyal. Perubahan orientasi akibat benturan, getaran, atau cuaca dapat menurunkan performa sinyal. Penelitian ini merancang sistem *monitoring* sudut antena VSAT secara *real-time* berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU) MPU-9250. Sistem terdiri dari *node transmitter* dan *receiver*. *Node transmitter* mendeteksi sudut elevasi dan azimuth antena menggunakan MPU-9250 dan mengirimkan data melalui LoRa SX1276 915 MHz ke *node receiver*. *Node receiver* yang dilengkapi ESP32 mengirim data ke *Firestore Realtime Database* dan mengirim notifikasi otomatis melalui Telegram bot jika terjadi perubahan arah. Hasil pengujian menunjukkan MPU-9250 mampu mendeteksi perubahan sudut dengan akurat, ditunjukkan oleh peningkatan nilai *Signal Quality Factor* (SQF) saat antena berada pada posisi optimal. Komunikasi LoRa stabil hingga 20 meter, dengan penurunan kualitas sinyal di atas 25 meter. Sistem ini terbukti efektif dalam memantau dan memberi peringatan perubahan arah antena secara *real-time*, membantu menjaga koneksi komunikasi satelit tetap optimal.



Copyright © JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. The *Very Small Aperture Terminal* (VSAT) antenna is a crucial component in satellite communication that requires accurate orientation to maintain signal quality. Orientation changes due to impacts, vibrations, or weather conditions can degrade signal performance. This study designs a *real-time* antenna angle monitoring system based on the *Internet of Things* (IoT) using an *Inertial Measurement Unit* (IMU) sensor, the MPU-9250. The system consists of a transmitter node and a receiver node. The transmitter node detects the antenna's elevation and azimuth angles using the MPU-9250 and sends the data via the LoRa SX1276 915 MHz module to the receiver node. The receiver node, equipped with an ESP32, sends the data to the *Firestore Realtime Database* and automatically delivers notifications via a Telegram bot when a directional change is detected. Testing results show that the MPU-9250 accurately detects angle changes, indicated by increased *Signal Quality Factor* (SQF) values when the antenna is in its optimal position. LoRa communication remains stable up to 20 meters, with a significant signal quality drop beyond 25 meters. The system effectively monitors and alerts directional changes of the antenna in real time, helping to maintain optimal satellite communication connectivity.

1. PENDAHULUAN

Sistem Komunikasi satelit merupakan salah satu teknologi yang sangat penting dalam mendukung konektivitas di wilayah terpencil atau area yang sulit dijangkau oleh jaringan kabel. Salah satu perangkat utama dalam komunikasi satelit adalah antena *Very Small Aperture Terminal* (VSAT), yang berfungsi sebagai penghubung antara pengguna dengan satelit. VSAT berperan sebagai perangkat *transceiver* gelombang radio yang ada di bumi, antena VSAT berbentuk parabola dan terdiri dari perangkat RF baik di indoor maupun outdoor [1].

Antena VSAT membutuhkan orientasi yang akurat untuk memastikan kualitas sinyal tetap optimal [2]. Namun, faktor eksternal seperti cuaca, getaran, dan kondisi lingkungan lainnya dapat menyebabkan perubahan orientasi antena VSAT, yang pada akhirnya berdampak pada menurunnya *Signal Quality Factor* (SQF) [3]. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem yang mampu memantau pergerakan sudut antena secara *real-time* untuk mendeteksi dan mengatasi pergeseran yang tidak diinginkan. Dengan pemantauan yang efektif, sistem dapat tetap memberikan layanan komunikasi yang bagus dan stabil, terutama di area yang tidak terjangkau jaringan kabel atau seluler [2].

Pada penelitian sebelumnya [4] menyoroti dalam era digital saat ini, solusi berbasis *Internet of Things* (IoT) menjadi salah satu pendekatan yang efektif untuk memantau dan mengelola perangkat secara *real-time*. *Internet of Things* adalah segala sesuatu atau perangkat elektronik yang dapat berinteraksi secara langsung dengan pengguna yang digunakan untuk kebutuhan *monitoring* atau mengendalikan perangkat tersebut melalui internet [5]. Dengan memanfaatkan sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU) yang dilakukan pada penelitian oleh [6], pergerakan sudut antena dapat dideteksi secara akurat, sehingga memudahkan operator penyedia layanan VSAT dalam memantau orientasi antena dan melakukan penyesuaian apabila diperlukan. Teknologi ini juga menggunakan modul Long Range (LoRa) yang dibuktikan dalam penelitian oleh [7] memungkinkan pengiriman data jarak jauh dengan efisiensi daya yang tinggi, sehingga pemantauan dapat

dilakukan dari jarak jauh tanpa perlu inspeksi manual yang memakan waktu.

Pada penelitian ini, akan dirancang dan dibangun alat *monitoring* pergerakan sudut arah antena VSAT yang menggabungkan sensor IMU, ESP32, dan modul LoRa yang diintegrasikan dengan platform *real-time database* yaitu Google Firebase. Sistem ini diharapkan mampu memberikan data sudut elevasi dan azimuth antena secara *real-time* serta notifikasi dengan memanfaatkan fitur Chatbot Telegram ketika terjadi pergeseran sudut. [8].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Very Small Aperture Terminal* (VSAT)

Sistem komunikasi satelit tetap diperlukan untuk menjangkau daerah yang belum memiliki fasilitas telekomunikasi memadai. Salah satu teknologi yang digunakan adalah *Very Small Aperture Terminal* (VSAT), yakni sistem telekomunikasi yang memanfaatkan satelit sebagai media transmisi. VSAT berfungsi sebagai perangkat *transceiver* gelombang radio di bumi, berbentuk antena parabola, dan dilengkapi dengan perangkat RF yang ditempatkan baik *indoor* maupun *outdoor*. [1].

Dalam instalasi VSAT, salah satu tahap krusial yang harus dilakukan adalah *pointing*. *Pointing* merupakan proses mengarahkan antena VSAT secara presisi ke satelit target untuk memperoleh kualitas sinyal yang optimal, sehingga layanan yang dihasilkan tetap stabil. Pada tahap ini, parameter yang perlu disesuaikan meliputi nilai azimuth dan elevasi antena terhadap satelit, yang kemudian divalidasi berdasarkan tingkat penerimaan sinyal yang telah memenuhi standar.[3].

2.2 *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah teknologi yang memungkinkan pengguna mengelola serta mengoptimalkan perangkat elektronik dan peralatan listrik yang terhubung ke internet. IoT mencakup berbagai perangkat atau benda elektronik yang dapat berinteraksi langsung dengan pengguna untuk tujuan pemantauan maupun pengendalian perangkat tersebut melalui jaringan internet. [9].

2.3 Inertial Measurement Unit (IMU)

Inertial Measurement Unit (IMU) adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengukur percepatan, kecepatan sudut, dan orientasi suatu benda. IMU sering digunakan untuk mendeteksi akselerasi dan kecepatan sudut objek yang bergerak. Pengukuran tersebut memberikan informasi navigasi yang penting seperti posisi, kecepatan, dan arah gerakan benda, terutama dalam bidang penerbangan atau eksplorasi luar angkasa [10].

Sensor MPU-9250 adalah sensor yang digunakan untuk memantau pergerakan suatu objek. Sensor ini dilengkapi dengan fitur DMP (*Digital Motion Processing*) yang berfungsi untuk mengolah data hasil penginderaan. MPU-9250 mampu membaca nilai *yaw*, *pitch*, dan *roll* dalam bentuk data mentah (*raw*). Seperti terlihat pada Gambar 2.5, sensor MPU-9250 buatan InvenSense memiliki 9 DOF (*Degree of Freedom*), yang terdiri dari 3-axis *Accelerometer* (sensor percepatan), 3-axis *Gyroscope* (pengatur keseimbangan), dan 3-axis *Magnetometer*.

2.4 ESP32

Espressif System mengembangkan teknologi terbaru sebagai penerus ESP8266, yaitu ESP32. Mikrokontroler ini memiliki keunggulan berupa chip yang telah terintegrasi dengan Wi-Fi dan *Bluetooth*, sehingga sangat cocok untuk pengembangan sistem *Internet of Things* (IoT). Selain itu, ESP32 dirancang dengan performa yang andal, konsumsi daya yang rendah, serta mampu berfungsi sebagai perangkat pendukung [11].

ESP32 merupakan mikrokontroler yang populer karena kemampuannya terhubung ke internet melalui jaringan nirkabel (Wi-Fi) tanpa memerlukan modul tambahan, karena koneksi Wi-Fi sudah terintegrasi dalam modulnya. Mikrokontroler ini memiliki dua inti prosesor (*dual-core CPU*) yang memungkinkan pemrosesan perintah secara paralel maupun *real-time*. Selain itu, ESP32 menyediakan sejumlah besar pin GPIO yang dapat digunakan untuk menghubungkan berbagai sensor dan perangkat eksternal, menjadikannya sangat fleksibel dalam pengembangan sistem *Internet of Things* (IoT) [12].

2.5 Long Range (LoRa)

Long Range (LoRa) merupakan teknologi komunikasi nirkabel yang memanfaatkan teknik spread spectrum dengan modulasi *Chirp Spread Spectrum* (CSS). LoRa menjadi salah satu platform komunikasi jarak jauh yang penting dalam penerapan *Internet of Things* (IoT). Teknologi ini adalah protokol nirkabel yang dikembangkan oleh perusahaan Semtech, dirancang khusus untuk mendukung komunikasi jarak jauh dengan konsumsi daya rendah. LoRa beroperasi pada pita frekuensi radio dalam satuan megahertz yang telah diatur, seperti 169 MHz, 433 MHz, 868 MHz, dan 915 MHz. [11].

2.6 Firebase Realtime Database

Firebase adalah layanan yang menyediakan *realtime database* sekaligus *backend as a service*. Platform ini memungkinkan pengembang membuat API yang dapat disinkronkan ke berbagai klien dan disimpan di cloud milik Firebase. Sebagai platform aplikasi *realtime*, Firebase secara otomatis memperbarui data pada setiap perangkat, baik berbasis web maupun *mobile*, setiap kali terjadi perubahan data [13].

Firebase *Realtime Database* adalah basis data realtime yang disimpan di cloud dan mendukung berbagai platform seperti Android, iOS, dan Web. Data pada Firebase disimpan dalam format JSON (*JavaScript Object Notation*). Database ini secara otomatis melakukan sinkronisasi dengan aplikasi klien yang terhubung. Aplikasi *multiplatform* yang memanfaatkan SDK Android, iOS, maupun JavaScript akan menerima pembaruan data terbaru secara otomatis ketika terhubung ke server Firebase [14].

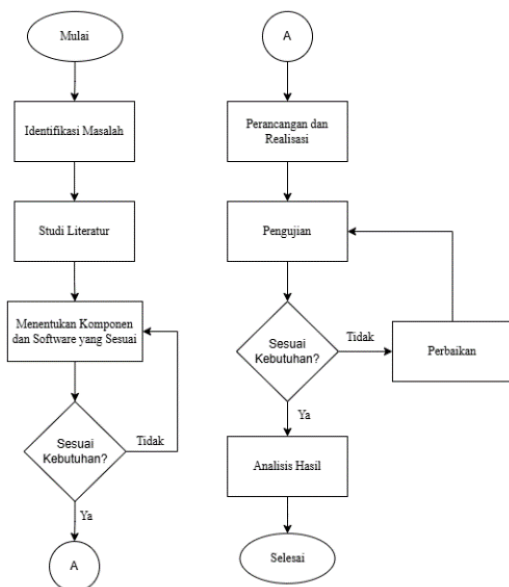
2.7 Aplikasi Telegram

Telegram adalah sebuah platform *instant messenger* yang menyediakan dukungan API di dalamnya, sehingga memudahkan pengguna dalam mengembangkan aplikasi dengan memanfaatkan Telegram sebagai media komunikasi antar perangkat [15]. Aplikasi Telegram memiliki keunggulan dibandingkan media sosial lainnya karena menyediakan fitur *chatbot*. Fitur ini dapat dimanfaatkan untuk menghubungkan pesan di Telegram dengan suatu sistem, sehingga memungkinkan

melakukan *monitoring* dan pengendalian perangkat yang diinginkan [12].

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan dimulai dengan mengidentifikasi masalah pada sistem *monitoring* untuk memantau arah antenna VSAT setelah dilakukan proses *pointing*. Mengkaji studi literatur yang relevan, lalu menentukan komponen-komponen *hardware* dan *software* yang sesuai dengan kebutuhan. Adapun *flowchart* dari metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Flowchart Metode Penelitian

Studi Literatur dilakukan untuk mencari, mempelajari dan menganalisis sumber informasi terkait dengan topik yang akan diteliti sebagai sumber referensi pembuatan perancangan sistem *monitoring* arah antenna VSAT. Studi literatur ini mencakup pembahasan tentang *Internet of Things* (IoT), sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU), mikrokontroler ESP32, teknologi komunikasi LoRa, serta integrasi Firebase dan aplikasi Telegram.

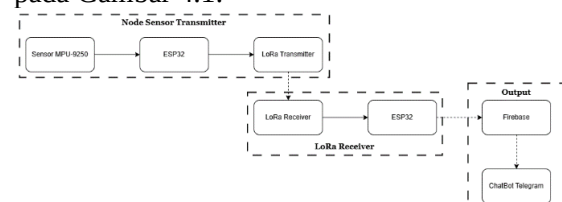
Komponen utama yang diperlukan dalam sistem *monitoring* arah antenna VSAT antara lain ESP32 sebagai mikrokontroler untuk pengolahan data dan pengendalian sistem, sensor MPU-9250 sebagai *Inertial Measurement Unit* (IMU) untuk mendeteksi pergerakan dan rotasi [9], serta modul LoRa

dengan frekuensi 915 MHz untuk komunikasi data jarak jauh. Selain itu, dibutuhkan juga sebuah *software monitoring* untuk menyimpan *database* secara *real-time* yaitu Google Firebase, dan aplikasi Telegram dengan memanfaatkan fitur ChatBot untuk mengirim notifikasi secara *real-time* jika terjadi pergeseran arah antenna VSAT. Pemilihan LoRa 915 MHz didasarkan pada kebutuhan sistem untuk komunikasi jarak jauh yang hemat energi, sementara MPU-9250 dipilih karena adanya magnetometer yang mampu memberikan pengukuran orientasi antenna yang lebih lengkap dan presisi, khususnya dalam mendeteksi sudut elevasi dan azimuth yang sangat krusial dalam penyesuaian arah antenna VSAT terhadap satelit.

Proses perancangan dan realisasi alat dimulai dengan tahap menentukan komponen yang dibutuhkan sesuai dengan tujuan sistem yang akan dibangun. Setelah komponen ditentukan, langkah berikutnya adalah melakukan desain dan *wiring* alat, yaitu merancang rangkaian serta menghubungkan komponen secara fisik. Selanjutnya yaitu tahap pemrograman pada *node transmitter* dan *node receiver*, yaitu proses implementasi dan pemuatan kode program ke perangkat agar dapat berfungsi sesuai dengan kebutuhan sistem. Apabila ditemukan kesalahan, maka proses kembali ke tahap pemrograman untuk perbaikan. Jika sudah benar, proses dilanjutkan ke tahap pengujian alat untuk memastikan sistem bekerja sesuai harapan. Setelah alat diuji, dilakukan analisis data untuk menilai hasil pengujian dan mengevaluasi performa sistem berdasarkan data yang diperoleh.

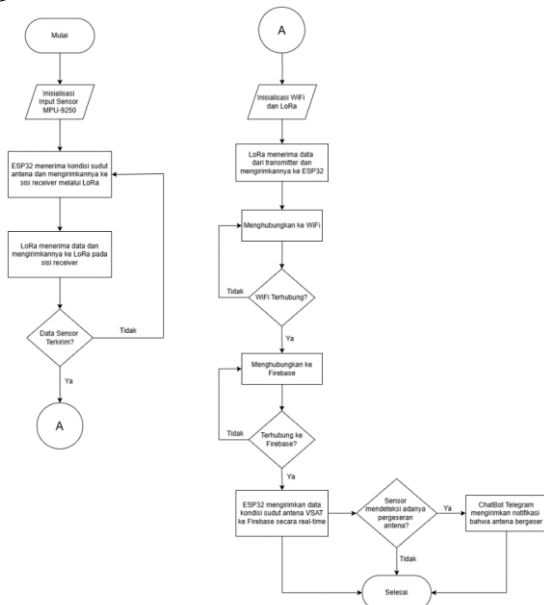
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam perancangan sistem *monitoring* arah antenna VSAT menggunakan modul LoRa LILYGO TTGO SX1276 dengan frekuensi 915 MHz. Alat ini dirancang dengan terbagi menjadi dua sisi, yaitu sisi *transmitter* dan *receiver* [10]. Adapun diagram blok sistem *monitoring* arah antenna VSAT dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem

Diagram yang terdapat pada Gambar 2 menunjukkan proses suatu kerja sistem pada saat pengiriman data sensor. Pada sisi *transmitter*, terdapat sensor MPU-9250 untuk mendeteksi perubahan sudut, Modul LoRa, dan ESP32 sebagai mikrokontroler. Pada sisi *receiver*, menggunakan ESP32 dan Modul LoRa yang berfungsi sebagai *gateway*. Data yang sudah diterima oleh ESP32 pada sisi *receiver* akan disimpan dan diteruskan ke Firebase untuk menampilkan grafik *monitoring* sudut antenna VSAT. Kemudian, Firebase akan terintegrasi dengan aplikasi Telegram yang akan memberikan pesan dan notifikasi jika terjadi perubahan sudut antenna VSAT.



Gambar 4.2 Flowchart Sistem Kerja Alat

Gambar 3. merupakan *flowchart* alur kerja sistem *monitoring* arah antenna VSAT menggunakan modul LoRa.

1. Sistem ini dimulai dengan menginisialisasi sensor MPU-9250 pada node *transmitter*.
2. Sensor MPU-9250 mendeteksi pergerakan sudut antenna VSAT, kemudian mengirimkan data sensor ke ESP32 pada sisi *transmitter*.
3. ESP32 pada sisi *transmitter* sebagai mikrokontroler yang bertugas mengolah data dari sensor MPU-9250, lalu data dikirimkan ke Modul LoRa untuk pengiriman data jarak jauh.

4. Modul LoRa sebagai media transmisi data jarak jauh antara sisi *transmitter* dan *receiver*.
5. ESP32 pada sisi *receiver* sebagai mikrokontroler yang mengirimkan data ke platform IoT secara *real-time* yaitu Google Firebase.
6. Firebase sebagai *real-time database* dapat menerima data perubahan sudut antenna dari sensor MPU-9250 yang diproses oleh ESP32, kemudian divisualisasikan secara *real-time* di *dashboard website*.
7. Aplikasi Telegram akan menampilkan pesan sudut antenna VSAT melalui fitur chatbot dan memberikan notifikasi secara *real-time* jika terjadi perubahan sudut antenna VSAT.

4.1 Pengujian Sensor *Inertial Measurement Unit*

Pengujian sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU) yang dipakai yaitu MPU-9250, bertujuan untuk mendeteksi pergerakan sudut Antena VSAT terhadap SQF. Pengujian dilakukan selama 10 menit dengan kondisi cuaca mendung. Pengujian ini dilakukan dalam keadaan antenna sedang *dipointing* atau mencari arah sudut antenna VSAT ke satelit tujuan. Data hasil pengujian sensor MPU-9250 terhadap SQF dapat dilihat pada Tabel.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor MPU-9250 Terhadap SQF

Jam	Arah Sudut Antena Elevasi	Azimuth	SQF
11:50	0,39	46,78	30
11:51	0,37	47,48	45
11:52	0,68	49,02	62
11:53	0,4	49,48	65
11:54	0,5	49,9	74
11:55	0,49	51,15	78
11:56	0,47	52,95	79
11:57	0,45	53,22	82
11:58	0,51	55,16	70
11:59	0,55	57,26	55
12:00	0,48	58,5	30

Berdasarkan data pengujian sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU) MPU-9250 yang ditampilkan dalam tabel 4.1, diperoleh informasi mengenai perubahan nilai elevasi, azimuth, dan SQF (*Signal Quality Factor*) dari pukul 11:50 hingga 12:00. Data ini

menunjukkan kinerja sensor dalam mendeteksi perubahan orientasi antena dalam rentang waktu setiap menit. Nilai SQF mengalami peningkatan dari 30 pada pukul 11:50 hingga mencapai puncak 82 pada pukul 11:57, sebelum kembali menurun tajam ke angka 30 pada pukul 12:00. Kenaikan SQF sejalan dengan penyesuaian azimuth dan elevasi, menunjukkan bahwa antena berhasil mengarah ke posisi yang optimal pada pukul 11:57. Namun, penurunan SQF setelah itu dari 11:58 hingga 12:00 disebabkan oleh perubahan arah yang melewati titik optimal.

Pengujian data tersebut menunjukkan bahwa MPU-9250 bekerja dengan baik dalam memantau orientasi antena. Sensor mampu mendeteksi perubahan posisi secara responsif, yang dibuktikan dengan korelasi positif antara perubahan azimuth dan elevasi dengan peningkatan nilai SQF.

4.2 Pengujian Performansi LoRa

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja LoRa LILYGO TTGO SX1276, terdapat parameter uji yang perlu diperhatikan diantaranya nilai RSSI dan SNR. Parameter RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) digunakan untuk menunjukkan tingkat kekuatan sinyal yang diterima oleh *receiver* dan SNR merupakan parameter yang dapat menentukan kualitas dari sebuah sinyal yang terganggu oleh derau atau *noise* [11]. Standar minimum RSSI adalah -120 dB sehingga LoRa *receiver* dapat memproses data yang diterima. Sedangkan untuk nilai SNR, LoRa *receiver* dapat memproses paket data jika nilai SNR minimum adalah -20 dB [12]. Berdasarkan pengujian yang dilakukan maka didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Berdasarkan hasil pengujian performa komunikasi LoRa dengan pengukuran terhadap parameter RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) dan SNR (*Signal to Noise Ratio*) pada berbagai jarak, diperoleh gambaran umum mengenai penurunan kualitas sinyal seiring bertambahnya jarak antara pemancar dan penerima. Pada jarak 1 hingga 5 meter, komunikasi LoRa menunjukkan performa yang sangat baik dengan nilai RSSI antara -49 dBm hingga -43 dBm dan SNR antara 7,7 dB hingga 9,5 dB, menandakan sinyal yang kuat dan

minim gangguan. Namun, mulai jarak 10 hingga 20 meter, terjadi penurunan kualitas sinyal dengan RSSI menurun ke -55 dBm hingga -61 dBm dan SNR mencapai nilai negatif hingga -0,78 dB. Pada jarak 25 hingga 35 meter, penurunan semakin signifikan dengan RSSI antara -77 dBm hingga -89 dBm dan SNR mencapai -6,4 dB, yang menunjukkan adanya gangguan serius terhadap stabilitas komunikasi. Meskipun pada jarak 40 meter SNR sempat meningkat hingga 8,4 dB, kemungkinan akibat kondisi lingkungan, pada jarak 50 meter performa kembali menurun drastis dengan RSSI mencapai -99 dBm dan SNR sebesar -8,5 dB, mendekati batas sensitivitas penerimaan modul LoRa.

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Performansi LoRa

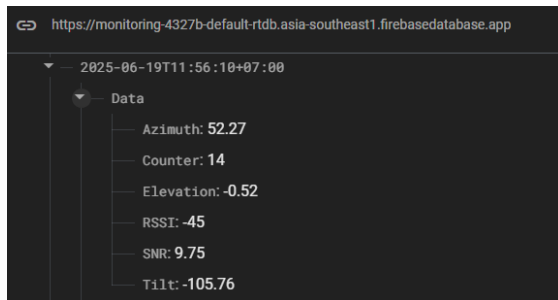
Jarak (meter)	Pengiriman ke-	RSSI (dBm)	SNR (dB)
5	1	-51	9,5
	2	-49	9,5
10	1	-55	4,9
	2	-58	3,1
15	1	-61	2,0
	2	-61	2,1
20	1	-60	0,54
	2	-69	-0,78
25	1	-77	-1,2
	2	-79	-1,1
30	1	-78	-2,2
	2	-80	-5,1
35	1	-88	-5,1
	2	-89	-6,4
40	1	-85	-7,2
	2	-84	7,7
45	1	-90	8,9
	2	-91	9,0
50	1	-100	-8.25
	2	-99	-8.50

Secara keseluruhan, pengujian ini menunjukkan bahwa sistem komunikasi LoRa masih dapat berfungsi dengan baik hingga jarak 20 meter dengan kondisi stabil dan akurat. Di atas jarak tersebut, kualitas sinyal menurun secara signifikan, meskipun masih dapat diterima dalam kondisi tertentu. Oleh karena itu, untuk penggunaan yang mengandalkan komunikasi *real-time* dan andal, disarankan agar jarak antar node LoRa tidak melebihi 25

meter, kecuali jika dilakukan optimasi pada antenna atau lingkungan transmisi mendukung.

4.3 Pengujian *Firebase Realtime Database*

Pengujian pada *database* bertujuan untuk melihat respon *database* dalam menerima data yang dikirimkan oleh mikrokontroler ESP32 dari *node* LoRa *receiver*. Hasil pengujian respon *database* dapat dilihat pada Gambar 4.3.

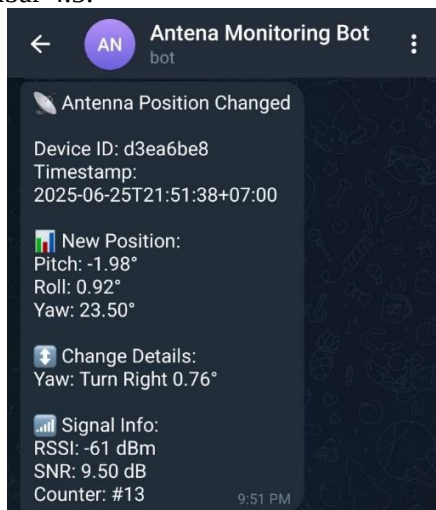


Gambar 4.3 Hasil Data Masuk ke Firebase

Gambar 3 merupakan struktur data di Firebase yang terdiri dari tanggal dan waktu pengujian, data masuk ke firebase setiap 30 detik sekali. Firebase menampilkan data dari sensor MPU-9250 berupa sudut Azimuth, Elevasi, dan Tilt, serta data performansi LoRa berupa RSSI dan SNR.

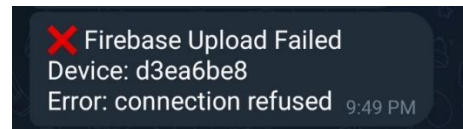
4.4 Pengujian Telegram

Pengujian aplikasi Telegram bertujuan untuk melihat respon notifikasi Telegram dalam menerima data yang dikirimkan oleh mikrokontroler ESP32 dari *node* sensor *transmitter*. Hasil pengujian respon ChatBot Telegram dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5.



Gambar 4.4 Data Berhasil Masuk ke Telegram

Gambar 4 merupakan pesan notifikasi yang masuk ke Telegram saat terjadi perubahan arah sudut antenna VSAT. Struktur data yang ditampilkan oleh ChatBot Telegram terdiri dari posisi terkini arah antenna VSAT dan perubahan arah sudutnya, serta informasi sinyal LoRa berupa RSSI dan SNR saat data dikirim antar *transceiver* dan *receiver*.



Gambar 4.5 Hasil Data Masuk ke Firebase

Gambar 5 merupakan pesan notifikasi yang masuk ke Telegram saat Firebase tidak dapat menerima data karena LoRa gagal mentransmisikan data.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa:

- Sensor MPU-9250 mampu mendeteksi perubahan arah antenna dengan pembacaan sudut elevasi dan azimuth yang stabil. Validasi pengukuran dilakukan melalui perbandingan terhadap nilai *Signal Quality Factor* (SQF), peningkatan nilai SQF terjadi seiring penyesuaian arah sudut elevasi dan azimuth membuktikan bahwa orientasi antenna dapat dioptimalkan menggunakan data dari sensor.
- Seluruh data pengukuran yang dikirim dari *transmitter* berhasil tersimpan dalam *Firebase Realtime Database* setiap interval 30 detik. Struktur data disusun berdasarkan *timestamp*, memudahkan proses pemantauan dan histori data. *Firebase* terbukti sebagai *platform* yang responsif dan kompatibel untuk aplikasi *monitoring* berbasis IoT.
- Fitur notifikasi melalui aplikasi Telegram berhasil diimplementasikan dengan baik. Sistem mampu mendeteksi perubahan sudut antenna dan mengirimkan notifikasi data lengkap berupa ID perangkat, *timestamp*, orientasi sudut, nilai RSSI, SNR, dan *counter* LoRa ke pengguna. Ini meningkatkan nilai praktis alat sebagai

sistem peringatan dini terhadap perubahan arah antenna.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing serta pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. D. Setiawan, U. Hasanah, A. Jaenul and S. Mulyono, "Prototipe Motorized Pointing Antenna Very Small Aperture Terminal (VSAT) Geostasioner Menggunakan Arduino Mega 2560 Sebagai Main Control Unit," *SPEKTRAL : Journal Of Communications, Antennas and Propagation*, vol. 4, 2023.
- [2] P. Laksana, A. F. Isnawati and A. R. Noermartiyas, "Comparative Analysis of QoS VSAT IP and VSAT Star Telkomsat," *JURNAL NASIONAL TEKNIK ELEKTRO*, pp. 113-119, 2024.
- [3] N. Ma'ruf, I. Muhammadi, I. Permatasari and R. D. Wahyuningrum, "Analisis Diameter Antena dan Redaman Hujan Menggunakan Frekuensi Ku-Band Dan C-Band untuk Komunikasi VSAT SCPC Satelit Telkom 3S pada Link Bogor-Tiakur," *JURNAL RISET REKAYASA ELEKTRO*, pp. 29-38, 2022.
- [4] S. Geng and E. I. Kozlova, "Research on Secure Communication in the Internet of Things," *Proceedings of the 3rd International Conference on Software Engineering and Machine Learning*, pp. 79-85, 2025.
- [5] S. Z. Effendi and U. Y. Oktiawati, "Implementasi dan Analisis Performa Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Kondisi Ruang Server pada Jaringan Berbasis Lora," *Journal of Internet and Software Engineering (JISE)*, 2022.
- [6] V. S. G. N. Raju, A. S. V. Reddy, C. Bhavesh and K. V. R. Rishik, "IoT Based Antenna Positioning System," *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, pp. 2881-2887, 2024.
- [7] R. Sahbani and H. Azwar, "Pengiriman Data Sensor Suhu Dan Asap Menggunakan Long Range (LoRa)," *Applied Business and Engineering*, 2021.
- [8] M. K. Ario, D. Leon, M. R. Pratama and G. W. Pamungkas, "Designing IoT-Based Smart Home System With Chatbot," *JURNAL EMACS*, pp. 113-117, 2022.
- [9] H. Purnomo, A. Yusron and I. P. Perdana, "Implementasi Internet Of Things Dalam Monitoring Temperatur Dan Kelembaban Ruang Transformator 20KV," *JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)*, vol. 12, no. 2, pp. 2741-2746, 2024.
- [10] X. Zhang, C. Zhou, F. Chao, L. Chih-Min, L. Yang, C. Shang and Q. Shen, "Low-Cost Inertial Measurement Unit Calibration With Nonlinear Scale Factors," *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL INFORMATICS*, pp. 1028-1038, 2022.
- [11] B. Dwinanto and B. Yulianto, "Rancang Bangun Repeater Lora Rfm95 Dengan Frekuensi 915 MHZ Berbasis ESP32," *Cerdika: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 2024.
- [12] D. R. Tisna, T. Maharani and K. T. Nugroho, "Pemanfaatan Chatbot Telegram Untuk Monitoring Dan Kontrol Kualitas Air Menggunakan ESP32," *JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 9, pp. 1292-1306, 2024.
- [13] Andilala, Gunawan and Kirman, "Aplikasi Informasi Lowongan Pekerjaan Menggunakan Firebase Application Programming Interface Berbasis Android," *JTIS*, 2021.
- [14] I. F. Maulana, "Penerapan Firebase Realtime Database pada Aplikasi E-Tilang Smartphone berbasis Mobile Android," *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, pp. 854-863, 2020.
- [15] N. Atikah, T. Hartati, A. Bahtiar, Kaslani and O. Nurdiawan, "Sistem Image Capturing Menggunakan ESP32-Cam Untuk Memonitoring Objek Melalui Telegram," *KOPERTIP: Jurnal Ilmiah Manajemen Informatika dan Komputer*, vol. 06, pp. 49-53, 2022.
- [16] 14CORE, "wiring-the-mpu9250-9-axis-motion-tracking-micro-electro-mechanical-system," 17 January 2024. [Online]. Available: <https://www.14core.com/wiring-the-mpu9250-9-axis-motion-tracking-micro-electro-mechanical-system/>.
- [17] A. O. Silalahi, A. Sinambela, J. T. Pardosi and H. M. Panggabean, "Automated Water Quality Monitoring System for Aquaponic Pond using LoRa TTGO SX1276 and Cayenne Platform," in *International Conference of Computer Science and Information Technology (ICOSNIKOM)*, Laguboti, North Sumatra, Indonesia, 2022.
- [18] M. M. Kurniawan, K. Amron and R. A. Siregar, "Analisis Karakteristik Transmisi LoRa pada Wilayah Perkotaan," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, pp. 3977-3986, 2022.

- [19] Noprianto, H. E. Dien, M. H. Ratsanjani and M. A. Hendrawan, "Analisis LoRa dengan Teknologi LoRaWAN dalam Ruangan di Lingkungan Politeknik Negeri Malang," *SISTEMASI: Jurnal Sistem Informasi*, pp. 698-712, 2024.