

AKUISISI DATA 6 *DEGREE OF FREEDOM* DAN KOORDINAT MENGGUNAKAN SENSOR IMU, GPS, KOMUNIKASI LORA BERBASIS LABVIEW

¹Budhy Setiawan, ²Muhammad Ali Akbar Febritama, ³Delila Cahya Permatasari, ⁴Denda Dewatama

¹Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Malang
budhy.setiawan@polinema.ac.id

²Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Malang
maliakbar2702@gmail.com

³Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Malang
delila.cahya@polinema.ac.id

³Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Malang
denda.dewatama@polinema.ac.id

Article history:

Received 1th of December 2024

Revised 12th of December 2024

Accepted 30th of December 2024

Abstract

This research developed a data acquisition system for 6 Degrees of Freedom (6 DoF) and coordinates using an Inertial Measurement Unit (IMU) and Global Positioning System (GPS), with Long Range (LoRa) communication for data transmission. The system is integrated with LabVIEW for real-time data processing and visualization. The test results showed that the system is capable of accurately acquiring, transmitting, and displaying roll, pitch, yaw, and GPS coordinate data. The 3D model in LabVIEW represents the object's orientation and position in real-time, supporting various applications that require high-precision monitoring. LoRa successfully transmitted data over long distances without loss of integrity. This system provides a flexible solution for various industrial and research applications that require precise position and orientation monitoring. The implementation of this technology can support developments in autonomous navigation, surveillance systems, and robotics.

Keywords: 6 DOF, GPS, IMU Sensor, LoRa, Wireless

Pendahuluan

Era konektivitas nirkabel yang semakin maju, penggunaan teknologi komunikasi nirkabel seperti *Long Range* (LoRa) menjadi sangat penting untuk mengoptimalkan akuisisi data dari sensor 6 *Degrees of Freedom* (6 DOF) dan *Global Positioning System* (GPS). Integrasi 6 DOF dan GPS melalui komunikasi nirkabel LoRa memungkinkan pengembangan jaringan terdistribusi yang dapat bertukar data antar node sensor dengan jarak yang signifikan [1]. Tantangan utama adalah mengelola dan mentransmisikan data secara efisien, mengoptimalkan *bandwidth* LoRa, dan menjaga konsistensi informasi di seluruh jaringan. Penelitian ini memanfaatkan mikroprosesor untuk akuisisi data rotasi dan translasi dari objek bergerak menggunakan sensor IMU (*Inertial Measurement Unit*) yang banyak tersedia di pasaran. Sensor IMU dipilih karena menggabungkan akselerometer, *gyroscope*, dan magnetometer dalam satu unit, memberikan kelebihan dibandingkan sensor lain [2]. Sensor IMU (*Inertial Measurement Unit*) adalah perangkat elektronik yang mengukur dan menyediakan informasi tentang percepatan, kecepatan angular, dan orientasi suatu objek. IMU biasanya terdiri dari kombinasi beberapa sensor yang bekerja bersama untuk memberikan data yang lebih lengkap tentang gerakan suatu benda [3][4]. Pengukuran estimasi sudut orientasi benda menggunakan sensor IMU, Data hasil pengukuran dikirim secara nirkabel dari mikrokontroler[5]. Sensor gyro dapat mengubah data percepatan (*accelerometer*) dan gerakan memutar menjadi data digital. Sensor *gyroscope* yang dijual bebas dipasaran dapat digunakan pada biomedis untuk merekam sinyal fisiologis dan gerakan selama kegiatan sehari-hari [6][7].

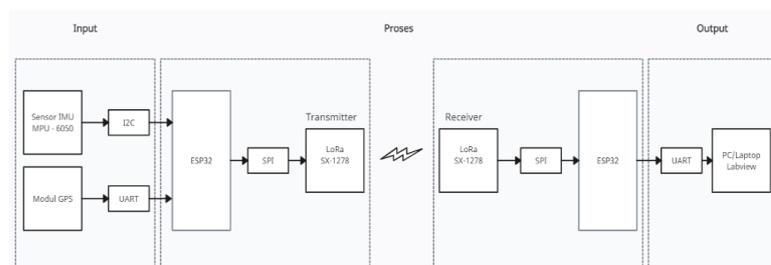
Suatu kapal yang terapung bebas mempunyai 6 derajat bebas, yaitu 3 translasi ke arah sumbu X, Y dan Z serta 3 rotasi, memutari sumbu X, Y dan Z. Sistem sumbu yang dipakai: Untuk sumbu X sumbu memanjang, sumbu Y adalah sumbu melintang dan sumbu Z adalah sumbu vertical [8]. Selain akuisisi data rotasi dan translasi, pada penelitian ini juga menggunakan sistem navigasi berbasis modul GPS untuk menentukan posisi objek bergerak secara akurat. GPS adalah sistem satelit navigasi dan pemantauan posisi yang dimiliki dan dikelola oleh Ameika Serikat. Sistem ini didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga-dimensi serta informasi mengenai waktu, secara kontinu di seluruh dunia tanpa bergantung waktu dan cuaca, bagi banyak orang secara simultan. Saat ini GPS sudah banyak digunakan orang di seluruh dunia dalam berbagai bidang aplikasi

yang menuntut informasi tentang posisi, kecepatan, percepatan ataupun waktu yang teliti[9][10]. Sistem ini relevan untuk aplikasi pada objek yang bergerak bebas, seperti *robot mobile*, kendaraan bermotor, roket kendali, dan sejenisnya. Mikrokontroler ESP32 digunakan untuk memproses data dan mendeteksi gerakan rotasi serta translasi. Pilihan ini didasarkan pada fitur lengkap ESP32, seperti Bluetooth dan WiFi, serta harga yang terjangkau. Modul komunikasi nirkabel yang digunakan adalah LoRa SX1278, sebuah teknologi radio frekuensi nirkabel yang diproduksi oleh perusahaan Semtech. LoRa menawarkan sensitivitas hingga -148 dBm dan jangkauan komunikasi hingga 15 km dengan konsumsi daya yang rendah, tahan terhadap interferensi, dan efisien dalam penggunaan arus. LoRa adalah teknologi nirkabel yang digunakan untuk membuat link komunikasi jarak jauh [11].

Teknologi LoRa memiliki konsumsi daya listrik yang rendah dan jangkauan pancaran yang cukup luas, dengan antenna yang tepat dan tanpa halangan maka jangkauan LoRa bisa mencapai puluhan kilometer[12]. Program akuisisi data dibuat dengan menggunakan LabVIEW sebagai bahasa pemrograman. Perangkat lunak LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrument Workbench*) merupakan perangkat lunak khusus digunakan untuk pemrosesan dan visualisasi data dalam bidang akuisisi data, kendali dan instrumentasi serta otomatisasi industri [13]. Software DAQ labView sudah umum digunakan di laboratorium juga di industri sebagai software pengembang aplikasi akuisisi data, pemantauan juga kontroler yang menyediakan berbagai kemudahan sehingga proyek bisa lebih cepat diselesaikan dibandingkan pengembang aplikasi klasik. LABVIEW (*Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench*) adalah perangkat lunak yang menyediakan instrumentasi virtual. Pada Penelitian ini LABVIEW digunakan untuk mengembangkan antarmuka pengguna grafis untuk menampilkan parameter yang diukur [14], [15]. Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dibahas diatas, maka dibuatlah penelitian dengan judul “Akuisisi Data 6 Degree Of Freedom Dan Koordinat Menggunakan Sensor IMU, GPS , Komunikasi LoRa Berbasis LabVIEW”. Dimana sistem ini dilakukan untuk mengetahui besaran 6 DOF yaitu rotasi (*Roll, Pitch dan Yaw*), gerak translasi (*Sway, Surge dan Heave*) dan posisi (*latitude, longitude, altitude* dan kecepatan) pada objek bergerak yang nantinya akan ditampilkan pada software LabVIEW pada PC/Laptop.

Metode Penelitian

Sensor MPU-6050 digunakan sebagai pembacaan sudut rotasi (roll, pitch, yaw) dan gerak translasi (sway, surge, heave) pada objek. Sedangkan GPS digunakan untuk pembacaan titik koordinat (longitude, latitude, altitude dan kecepatan) pada objek. ESP32 sebagai mikrokontroler untuk proses pengolahan data dari sensor dan mengubahnya ke data digital, Yang kemudian data sensor dikirim melalui modul komunikasi LoRa Transmitter dan diterima oleh LoRa Receiver. PC/Laptop digunakan untuk mengolah data digital pada mikrokontroler dan menampilkan data pada software LabVIEW yang berupa data numerik dan gambar 3D. Berikut diagram blok sistem Akuisi Data yang mencakup perangkat masukan, proses, dan keluaran pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

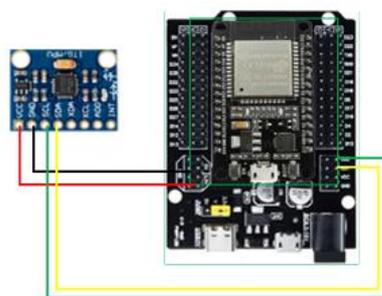
Perancangan Elektronik

Tahap perancangan elektronik merupakan bagian penting dalam proses pengembangan pembuatan alat. Dalam hal ini, akan dirancang berbagai komponen elektronik yang akan digunakan dalam

penelitian ini. Dengan mengintegrasikan prinsip-prinsip elektronik dan teknologi terkini, menciptakan solusi yang inovatif dan efisien. Berikut adalah tahapan perancangan elektronik untuk sistem akuisisi data.

Perancangan Sensor IMU MPU-6050

Pada sistem ini, Sensor IMU MPU-6050 digunakan untuk mendeteksi gerak rotasi dan akselerasi pada objek. Dalam perancangan ini, sensor MPU-6050 dihubungkan ke mikrokontroler ESP32. Bisa dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian sensor MPU-6050 dengan ESP32

Pada tahap perancangan koneksi, Sensor MPU-6050 dihubungkan dengan ESP32. Disini pin-pin sensor dihubungkan dengan pin yang ada pada ESP32 yaitu menggunakan port I2C sesuai dengan program yang telah ditentukan agar ESP32 dapat membaca input yang diberikan oleh sensor MPU-6050 dan menggunakannya dalam operasi sistem. Pengkoneksian antara Sensor MPU-6050 dengan ESP32 dapat dilihat pada Tabel 1.

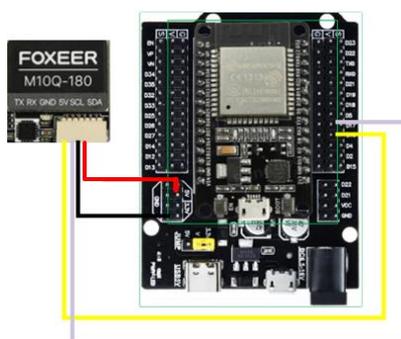
Tabel 1. Koneksi Pin Sensor MPU-6050 ke ESP32

Pin Sensor MPU-6050	Pin ESP32
VCC	3,3V
GND	GND
SDA	D21
SCL	D22

Perancangan GPS

Pada tahap ini, GPS terhubung dengan ESP32. Pada sistem ini menggunakan GPS, karena GPS dapat menentukan titik koordinat longitude, latitude, altitude dan kecepatan objek. Ini penting untuk mengetahui posisi geografis objek dalam sistem.

Pada tahap ini, GPS terhubung dengan ESP32 sesuai dengan Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian GPS ke ESP32

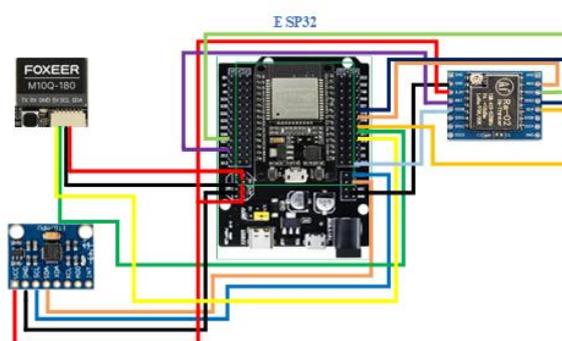
Koneksi pin-pin antara GPS dan ESP32 dijelaskan dalam tabel 2.

Tabel 2. Koneksi Pin GPS ke ESP32

GPS	ESP32
TX	D17
RX	D16
VCC	VCC
Ground	Ground

Perancangan Mikrokontroler (ESP32)

Pada tahap ini, mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32 karena memiliki kinerja yang tinggi dengan prosesor dual-core dan clock speed yang tinggi, yang memungkinkan performa optimal untuk berbagai tugas. ESP32 mendukung Wi-Fi dan Bluetooth, memungkinkan integrasi nirkabel yang cepat dan mudah dengan berbagai perangkat dan jaringan. Selain itu, ESP32 menawarkan fitur yang sangat lengkap seperti GPIO, PWM, ADC, DAC, I2C, SPI, dan UART, menjadikannya fleksibel untuk sistem ini. Pada sistem ini ESP32 terhubung perangkat yang lain menggunakan komunikasi serial dengan kecepatan transmisi data serial sebesar 115200. Pada ESP32 ini terhubung dengan sensor MPU-6050, GPS dan modul Komunikasi Wireless LoRa yang ditunjukkan pada Gambar 4.

**Gambar 4. Mikrokontroler ESP32**

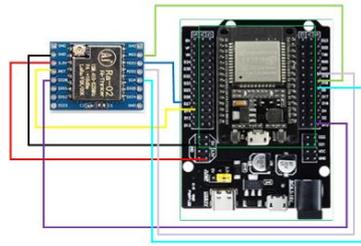
Pada tahap ini, perangkat yang terhubung dengan ESP32 sesuai dengan gambar rangkaian yang diberikan. Koneksi pin-pin antara perangkat lain dan ESP32 dijelaskan dalam tabel 3.

Tabel 3. Koneksi Pin ESP32

ESP32	Komponen lain
D17	RX(GPS)
D16	TX (GPS)
D27	MOSI (LoRa)
D19	MISO (LoRa)
D14	RST (LoRa)
D15	DIO0 (LoRa)
D18	NSS (LoRa)
D5	SCK (LoRa)
D21	SDA MPU-6050
D22	SCL MPU-6050

Perancangan Modul LoRa RA-02 SX1278

Pada sistem ini menggunakan modul komunikasi nirkabel atau wireless LoRa RA-02 SX1278 yang terhubung dengan EPS32 dan digunakan untuk mengirimkan data sensor dan juga digunakan sebagai penerima data. Rangkaian LoRa RA-02 SX1278 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian LoRa ke ESP32

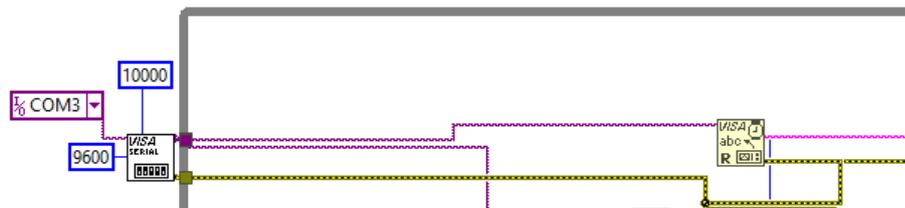
Pada tahap ini LoRa terhubung dengan ESP32 seperti pada tabel 4.

Tabel 4. Koneksi pin LoRa ke ESP32

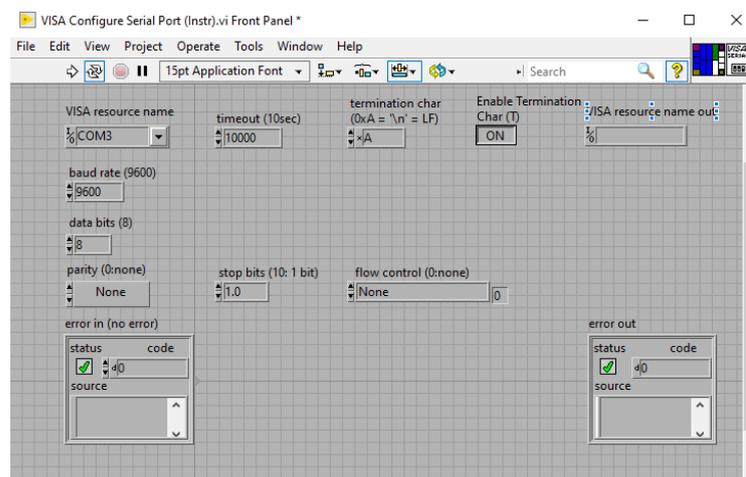
Pin ESP32	Pin LoRa
D18	NSS
D27	MOSI
D19	MISO
D5	SCK
D14	RST
D15	DIO0
3.3V	VCC
GND	GND

Perancangan Konfigurasi ESP32 dan Software LabVIEW

Pada tahap ini ESP32 dihubungkan ke LabVIEW yang digunakan untuk mengolah data yang diterima oleh LoRa receiver yang diteruskan ke ESP32 untuk disambungkan ke Laptop melalui software LabVIEW. Yang nantinya diolah dan divisualisasikan berupa data numerik dan gambar 3D. Di dalam LabVIEW tambahkan blok VISA Configure Serial Port untuk membuka port serial yang terhubung ke ESP32. Pada gambar 6 koneksi LabVIEW dengan ESP32.



Gambar 6. Koneksi LabVIEW dengan ESP32

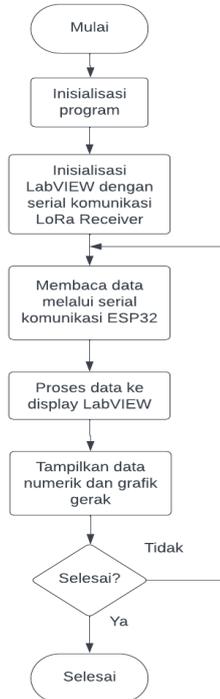


Gambar 7. VISA Configure Serial Port Front Panel

Setel parameter seperti baud rate, data bits, parity, dan stop bits sesuai dengan pengaturan pada ESP32 pada gambar 7.

Perancangan Software

Perancangan software pada sistem akuisisi data ini ditunjukkan pada flowchart berikut ini.



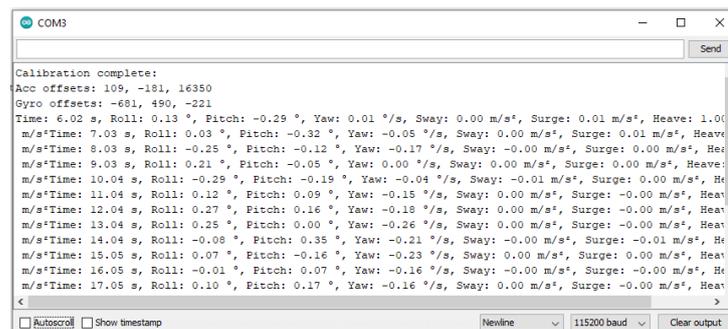
Gambar 8. Flowchart Perancangan Software LabVIEW

Perancangan Software LabVIEW bertujuan untuk menampilkan data yang telah diterima oleh LoRa Receiver berupa nilai sudut rotasi, gerak translasi dan titik koordinat objek. Data tersebut oleh LabVIEW ditampilkan dan di memori oleh LabVIEW berupa pitch, roll, yaw; surge, sway, heave longitude ;latitude;altitude ;speed dalam bentuk numerik dan grafik.

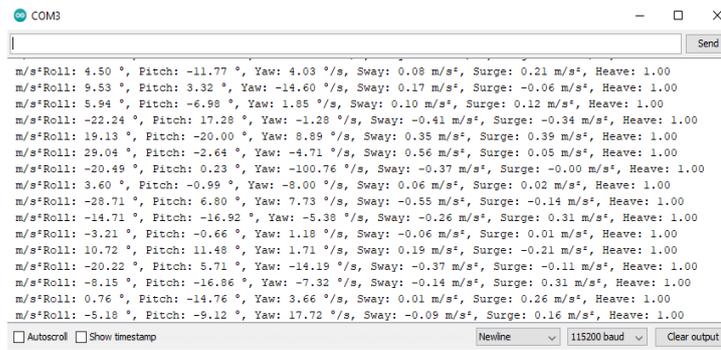
Hasil dan Pembahasan

Pengujian Sensor MPU-6050

Dalam pengujian sensor MPU6050 dilakukan verifikasi fungsi untuk memastikan setiap sumbu (x, y, z) dan rotasi (roll, pitch, yaw) berfungsi dengan benar. Pengujian respons sensor penting untuk memastikan setiap sumbu memberikan respons yang diharapkan. Kalibrasi sensor MPU6050 dilakukan untuk mengatur dan menguji ulang akurasi serta keandalan setiap pengukuran, baik untuk gerak rotasi maupun gerak translasi (sway, surge, heave).



Gambar 9. Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor MPU-6050 di Serial Monitor



Gambar 10. Hasil Pengujian Sensor MPU-6050 di Serial Monitor

Hasil pengujian kalibrasi sensor pada Gambar 9 terlihat sesuai, pada saat sensor didiamkan dan tidak digerakkan maka nilai dari roll,pitch,yaw 0°/s, begitupun dengan sway,surge,heave cenderung stabil di 0 m/s². Sedangkan ketika sensor digerakkan, maka nilai berubah sesuai dengan pergerakan sensor yang bisa dilihat pada Gambar 10.

Untuk Rumus dari sudut rotasi sebagai berikut :

$$\text{Roll } (\Phi): \text{Roll} = \frac{180}{\pi} \times \text{atan2}(ay, az) \dots\dots (1)$$

$$\text{Pitch } (\theta): \text{Pitch} = \frac{180}{\pi} \times \text{atan2}(-ax, \sqrt{ay^2 + az^2}) \dots\dots (2)$$

$$\text{Yaw } (\Psi): \text{Yaw} = \text{integrasi dari } gz \times \frac{180}{\pi} \dots (3)$$

Untuk Rumus akselerasi linier sebagai berikut :

$$\text{Sway} : \text{Sway} = \frac{ay}{\text{accel_scale}} \dots (4)$$

$$\text{Surge} : \text{Surge} = \frac{ax}{\text{accel_scale}} \dots (5)$$

$$\text{Heave} : \text{Heave} = \frac{az}{\text{accel_scale}} \dots (6)$$

Pengujian GPS Foxeer M10Q - 180 5883

Pengujian GPS bertujuan untuk memastikan bahwa modul GPS berfungsi dengan baik dalam menangkap data koordinat lokasi (latitude, longitude,altitude, kecepatan) secara akurat dan real-time. Modul GPS yang digunakan dalam sistem ini adalah Foxeer M10Q-180 5883. Proses pengujian melibatkan pemasangan modul GPS pada sistem, menghubungkannya dengan mikrokontroler ESP32.

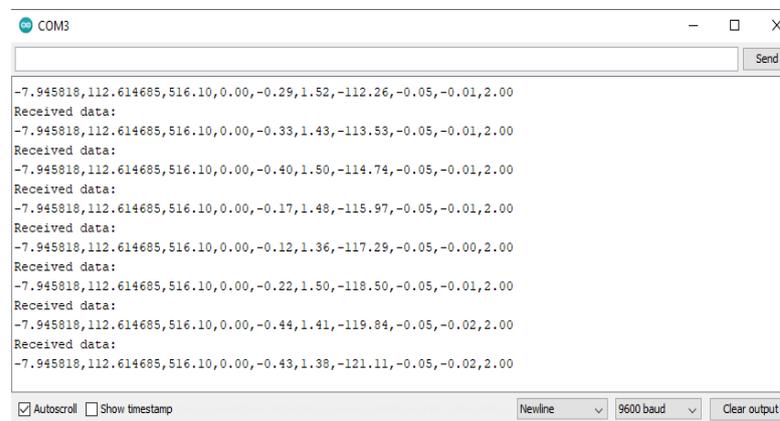


Gambar 11. Hasil Pengujian Lokasi

Dari hasil pengujian GPS pada Gambar 11 menunjukkan bahwa lokasi berada pada lintang -7.945830 dan bujur 112.614647, yang mengindikasikan posisi di Indonesia, Tepatnya di Gedung AJ Politeknik Negeri Malang. Ketinggian perangkat tercatat sebesar 495.40 meter di atas permukaan laut, menunjukkan lokasi di area rendah. Kecepatan yang tercatat adalah sekitar 0.11-0.70 km/jam, menunjukkan bahwa perangkat hampir tidak digerakkan sama sekali. Dan pada Gambar 11 menunjukkan bahwa lokasi berada pada lintang -7.945262 dan bujur 112.614845, yang mengindikasikan posisi di Indonesia, Tepatnya Di Depan Aula Pertamina Politeknik Negeri Malang. Ketinggian perangkat tercatat sebesar 507 meter di atas permukaan laut, menunjukkan lokasi di area rendah. Kecepatan yang tercatat adalah sekitar 26.84 km/jam, menunjukkan bahwa perangkat dibawa menggunakan sepeda motor dari gedung AJ ke Aula Pertamina.

Pengujian LoRa RA-02 SX1278

Pengujian dimulai dengan mengukur jangkauan jarak transmisi untuk menentukan sejauh mana modul dapat mentransmisikan sinyal secara efektif tanpa penurunan kualitas. Selanjutnya, kualitas sinyal dianalisis untuk memastikan bahwa sinyal yang diterima stabil dan kuat, serta bebas dari gangguan. Pengujian juga fokus pada akurasi data, di mana data yang dikirim dan diterima diperiksa untuk memastikan integritas dan keakuratan informasi selama transmisi. Pengujian dilakukan dengan mengukur jangkauan jarak transmisi untuk menentukan sejauh mana modul dapat berfungsi secara efektif tanpa kehilangan sinyal dan dilakukan tanpa halangan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.

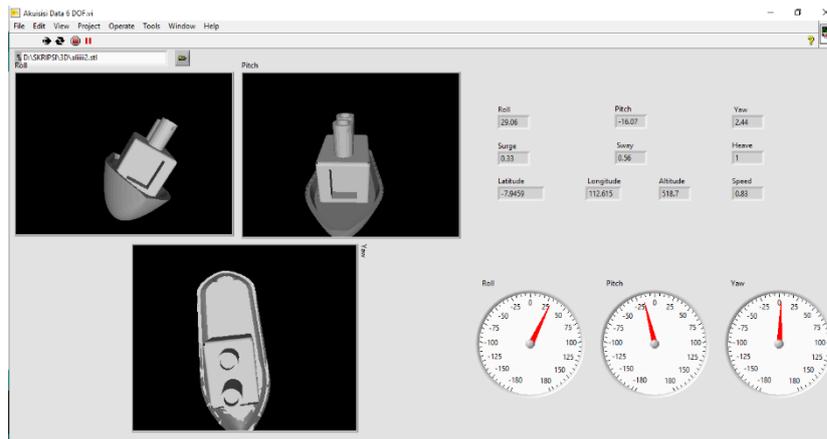


Gambar 12. Hasil Pengujian komunikasi LoRa dari Politeknik Negeri Malang ke Patung Pesawat Jl. Soekarno Hatta

Pada gambar 12 merupakan hasil pengujian dari transmisi LoRa RA-02 SX1278 yang menerima data dari GPS yang berupa titik koordinat berupa longitude, latitude, altitude dan kecepatan serta menerima data dari sensor MPU-6050. Hasil pengujian modul LoRa RA-02 SX1278 menunjukkan jangkauan transmisi mencapai kurang lebih 1,9 km dari gedung AJ ke patung pesawat jl. Soekarno Hatta yang masih ada halangan yang tidak terlalu signifikan, yang mengindikasikan bahwa modul ini efektif dalam komunikasi jarak jauh. Kualitas sinyal yang dilaporkan menandakan bahwa tidak ada gangguan signifikan dalam komunikasi dan sinyal diterima dengan stabil. Data sensor dikirim dengan tingkat akurasi 98%, yang menunjukkan kehandalan tinggi dalam transmisi data dan rendahnya tingkat kesalahan. Secara keseluruhan, hasil pengujian ini menunjukkan performa yang solid dari modul LoRa RA-02 SX1278 dalam aplikasi komunikasi jarak jauh.

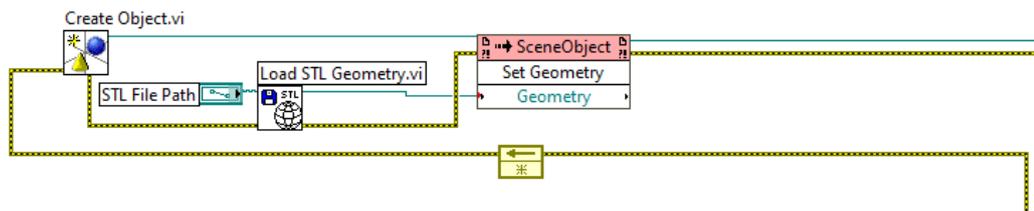
Pengujian Software LabVIEW

Dalam pengujian Software LabVIEW diharapkan bisa menampilkan data dari sensor MPU-6050 dan GPS yang sudah dikirim dan diterima oleh LoRa dan diproses melalui ESP32. Data sensor akan ditampilkan berupa numerik dan gambar 3D.



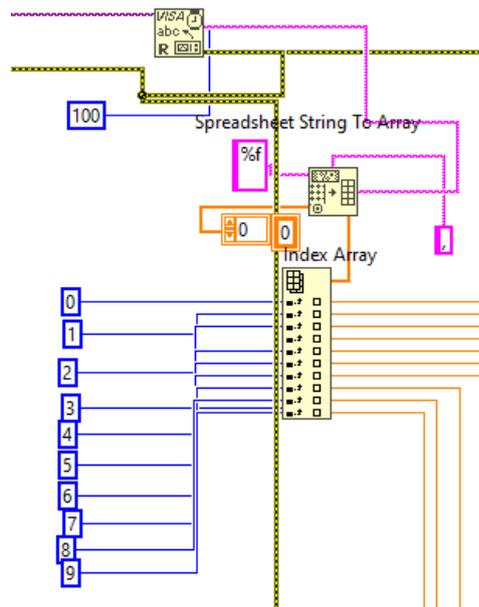
Gambar 13. Hasil Pengujian Software LabVIEW

Berdasarkan Gambar 13 menunjukkan Front Panel yang menampilkan gambar 3D kapal dan menampilkan numerik dari variabel sensor.



Gambar 14. Blok Diagram Untuk Menampilkan gambar 3D

Pada Gambar 14 menampilkan blok diagram sebagai pemanggil gambar 3D



Gambar 15. Blok Diagram Untuk Pemisah Data

Pada Gambar 15 menunjukkan blok diagram untuk pemisah data dari format string menjadi array dan dikelompokkan lagi menjadi 9 index sesuai jumlah variabel data dari sensor MPU-6050 dan GPS. Dari Gambar 15 hasil pengujian di atas Gambar 3D bergerak mengikuti rotasi yang diukur oleh sensor MPU-6050, mencakup roll, pitch, yaw. Yang tertampil di 3 3D Picture Control yang berbeda, Visualisasi ini memastikan bahwa data rotasi diterima dan diproses dengan benar oleh LabVIEW, dengan kapal yang bergerak sesuai dengan orientasi yang terdeteksi oleh sensor. Data numerik untuk roll, pitch, yaw, surge, sway, heave, latitude, longitude, altitude, dan speed ditampilkan dalam bentuk teks dan gauge. Semua data ditampilkan secara real-time, menunjukkan bahwa sistem dapat

mengumpulkan, mengirim, dan memproses data secara cepat dan efisien tanpa lag yang signifikan. Data koordinat GPS yang ditampilkan secara real-time menunjukkan bahwa modul GPS bekerja dengan baik dan dapat menyediakan lokasi secara akurat.

Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem berhasil menampilkan data roll, pitch, dan yaw secara real-time dari sensor MPU6050 ke model 3D kapal. Data numerik yang ditampilkan akurat dan sesuai dengan pergerakan fisik yang terdeteksi oleh sensor.
2. Sistem efektif dalam mengintegrasikan data sensor dengan model 3D. Perubahan orientasi model 3D sesuai dengan data dari sensor, menunjukkan keberhasilan dalam menghubungkan data sensor dengan visualisasi model.

Daftar Pustaka

- [1] Listiyana, M. S., Sudjadi, S., & Wahyudi, W. (2018). Perancangan Sistem Akuisisi Data Posisi Dan Attitude Objek. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 7(1), 302–309.
- [2] Pramana, Y. A. (2013). Implementasi Sensor Accelerometer, Gyroscope dan Magnetometer Berbasis Mikrokontroler Untuk Menampilkan Posisi Benda Menggunakan Inertial Navigation System. *Bandung: Indonesian Computer University*.
- [3] Buchori, A. T., Pujiantara, M., & Priyadi, A. (2024). Pengendali Robot Lengan Menggunakan Wearable Device. *Jurnal Teknik ITS*, 13(2), A134–A141.
- [4] Elisana, L., Yanto, N. W., Lestari, S. W., & Handini, W. (2021). JURNAL TEKNOLOGI. *Jurnal Teknologi*, 9(1), 72–79.
- [5] Susanti, E., Febriani, R., & Thusyadiyah, R. A. K. (2018). The design of hand gesture robot software based on wireless technology. *2018 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)*, 401–406.
- [6] Putra, G. G., & Suwarno, D. U. (2019). Pembacaan Aktifitas Manusia dengan Sensor Gyro. *Seminar Nasional Sains Teknologi Dan Inovasi Indonesia (SENASTINDO AAU)*, 1(1).
- [7] Liu, J., Sohn, J., & Kim, S. (2017). Classification of daily activities for the elderly using wearable sensors. *Journal of Healthcare Engineering*, 2017(1), 8934816.
- [8] Nahumariri, M. G. G., & Hasanudin, H. (2019). Analisis Teknis Terbaliknya KMP. Kayong Utara di Sungai Banyuasin, Sumatera Selatan. *Jurnal Teknik ITS*, 8(1), G82–G89.
- [9] Nurhartono, A. (2015). Perancangan Sistem Keamanan Untuk Mengetahui Posisi Kendaraan yang Hilang Berbasis GPS dan Ditampilkan Dengan Smartphone. *Teknik Elektronika. Universitas Yogyakarta*.
- [10] Wibowo, Y. D. (2021). Implementasi Modul GPS Ublox 6M Dalam Rancang Bangun Sistem Keamanan Motor Berbasis Internet Of Things. *Electrician: Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, 15(2), 107–115.
- [11] Batong, A. R., Murdiyat, P., & Kurniawan, A. H. (2020). Analisis kelayakan LoRa untuk jaringan komunikasi sistem monitoring listrik di Politeknik Negeri Samarinda. *PoliGrid*, 1(2), 55–64.
- [12] Pramono, E. (2022). Desain Antena Ground Plane 915 Mhz Untuk Sistem IoT LoRa Gateway Menggunakan Software MMANA-Gal. *Smart Comp: Jurnalnya Orang Pintar Komputer*, 11(3), 428–437.
- [13] Pamungkas, B., Khoiri, M., & Taxwim, T. (2024). Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data Sumber Elektron dan Sistem Vakum untuk Fasilitas LINAC di PRTA–BRIN. *JURNAL CRANKSHAFT*, 7(1), 72–81.
- [14] Bagenda, D. N., & Rudati, P. S. (2020). Akuisisi data menggunakan Labview dengan Arduino sebagai perangkat keras berbiaya rendah. *Gema Teknologi*, 20(4), 105–112.
- [15] Sudarno, S., Fauzia, N., & Ummah, A. A. N. (2020). Pengendalian Daya Heater Pada Fasilitas Eksperimen Kanal Menggunakan Mekanisme Pwm Berbasis LabVIEW. *SIGMA EPSILON-Buletin Ilmiah Teknologi Keselamatan Reaktor Nuklir*, 24(1), 9–16.