

# SISTEM PEMANTAUAN AKTIVITAS SEISMIK GUNUNG API BERBASIS DELPHI

<sup>1</sup>Muchammad Raharjo Waluyo, <sup>2</sup>Michael Ardita, <sup>3</sup>Bima Romadhon Parada Dian Palevi  
Institut Teknologi Nasional Malang, Kota Malang, Indonesia  
<sup>1</sup>mraharjow@gmail.com, <sup>2</sup>michael.ardita@lecturer.itn.ac.id <sup>3</sup>bimarppd@lecturer.itn.ac.id

*Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan aktivitas seismik gunung api berbasis Delphi yang melibatkan penggunaan sensor Grove IMU 9DOF, ESP32, dan Arduino IDE. Sensor Grove IMU 9DOF digunakan untuk deteksi dan pengukuran aktivitas seismik, sedangkan ESP32 bertindak sebagai penghubung antara sensor dan aplikasi Delphi. Arduino IDE digunakan sebagai perangkat pemrograman untuk mengendalikan ESP32. Hasil penelitian menunjukkan keberhasilan sistem pemantauan dalam mengumpulkan data aktivitas seismik secara akurat melalui sensor Grove IMU 9DOF. Data tersebut dikirim melalui ESP32 yang dikonfigurasi melalui Arduino IDE ke aplikasi Delphi untuk proses dan visualisasi data. Sistem pemantauan ini memberikan kontribusi penting dalam pemahaman dan kesadaran terhadap aktivitas seismik gunung api, serta memberikan informasi yang berharga dalam upaya mitigasi dan pengurangan risiko bencana. Selain itu, sistem ini juga berperan sebagai alat bantu pengambilan keputusan terkait keamanan dan perlindungan masyarakat.*

**Kata Kunci** – Sistem pemantauan, aktivitas seismik, gunung api, sensor Grove IMU 9DOF, ESP32, Delphi.

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Seismisitas di Pulau Jawa sebagian besar memiliki asosiasi dengan zona subduksi di selatan Jawa, dimana lempeng Australia tersubduksi di bawah lempeng Eurasian dengan kecepatan 58 to 65 mm/tahun dan sudut kemiringan 60–65° [1]. Disamping itu, adanya zona subduksi selatan Jawa juga berakibat pada terbentuknya gunungapi dengan berbagai tingkat aktivitas. Mengingat kepadatan penduduk Pulau Jawa yang cukup tinggi, studi mengenai seismisitas akibat aktivitas vulkanisme menjadi sangat penting untuk dilakukan.

Di wilayah provinsi Jawa Timur, terdapat beberapa gunungapi aktif yang secara konsisten mengalami erupsi. Salah satu gunung api aktif tersebut adalah gunungapi Semeru yang merupakan gunung tertinggi di Jawa, dengan ketinggian 3676 m di atas permukaan laut. Letusan terakhir yang dihasilkan gunungapi ini terjadi pada tanggal 4 Desember 2021, menghasilkan lontaran material vulkanik setinggi 15 km, pyroclastic flow, dan aliran lahar dingin sepanjang Sungai Kobokan [2]. Letusan tersebut juga menyebabkan 57 korban

jiwa dan tergusurnya 10665 penduduk akibat endapan abu vulkanik.

Dalam rangka meminimalisir dampak bencana vulkanik di masa depan, penting untuk melakukan pemantauan yang kontinu terhadap aktivitas vulkanik gunung api. Pemantauan aktivitas vulkanik tersebut dapat dilakukan dengan berbagai metode, misalnya metode deformasi, seismik, geokimia, dan pengamatan visual yang keseluruhannya dilakukan oleh seorang observer. Besarnya dampak letusan Semeru pada tahun 2021 merupakan indikasi bahwa sistem pemantauan yang telah ada saat ini belum mampu memberikan data yang cukup pada observer mengenai tingkat aktivitas Semeru sebelum erupsi terjadi.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini, kami mengusulkan perancangan sebuah sistem pemantauan aktivitas seismik gunung api berbasis Delphi. Sistem ini dirancang untuk memberikan kemudahan dalam visualisasi data seismik dalam bentuk grafik tren dan analisis aktivitas gunung api. Dengan adanya sistem ini, para peneliti, ahli vulkanologi, dan pihak berwenang akan dapat mengakses informasi penting tentang aktivitas seismik dengan mudah dan cepat. Selain itu, publik juga akan mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang status dan risiko yang terkait dengan gunung api.

Melalui penerapan teknologi Delphi sebagai dasar pengembangan sistem ini, diharapkan bahwa sistem pemantauan aktivitas seismik gunung api yang dikembangkan akan memberikan kontribusi yang signifikan dalam pemahaman dan pengelolaan risiko bencana vulkanik. Dengan ketersediaan data yang akurat dan terkini, implementasi langkah-langkah pencegahan dapat diambil dengan lebih tepat waktu dan efektif. Maka dari itu, penulis melakukan pengembangan sistem pemantauan aktivitas seismik dengan judul "SISTEM PEMANTAUAN AKTIVITAS SEISMIK GUNUNG API BERBASIS DELPHI".

### B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara untuk menerima data seismik yang diberikan oleh sensor di gunung?
2. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan server di Delphi untuk menyimpan data seismik yang diterima?

3. Bagaimana mengembangkan visualisasi data seismik yang efektif dalam bentuk grafik menggunakan Delphi?

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. *Aktivitas Seismik Gunung Api*

Gunung api merupakan struktur geologis yang dapat mengalami aktivitas seismik yang signifikan. Aktivitas seismik ini dapat berupa gempa vulkanik, gempa tectonic, dan gempa letusan yang terjadi akibat pergerakan magma, proses tektonik, atau letusan material vulkanik. Pemantauan yang efektif terhadap aktivitas seismik gunung api memungkinkan peneliti dan ahli vulkanologi untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang perilaku gunung api dan mengambil tindakan yang diperlukan untuk melindungi masyarakat dari ancaman letusan gunung api. Dalam konteks ini, penggunaan sensor yang andal dan akurat menjadi krusial. Salah satu sensor yang digunakan adalah Sensor Grove - 9 Degrees of Freedom Inertial Measurement Unit (IMU).

### B. *Sistem Pemantauan Seismik Gunung Api*

Pengembangan sistem pemantauan seismik gunung api merupakan hal penting dalam upaya mitigasi dan pengurangan risiko bencana alam. Seismik adalah salah satu indikator utama yang digunakan dalam memprediksi dan memantau aktivitas gunung api. Dalam beberapa tahun terakhir, penggunaan teknologi Delphi sebagai platform pengembangan aplikasi telah menjadi semakin populer. Oleh karena itu, penelitian terkait pengembangan sistem pemantauan seismik gunung api berbasis Delphi menjadi topik yang menarik untuk ditinjau.

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan dalam pengembangan sistem pemantauan seismik gunung api. Misalnya, Smith et al [4]. merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan seismik berbasis web untuk gunung api di wilayah tertentu. Mereka menggunakan teknologi Delphi untuk mengembangkan antarmuka pengguna yang interaktif dan intuitif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini efektif dalam mendeteksi aktivitas seismik dan memberikan peringatan dini kepada pihak terkait.

Selain itu, penelitian lain oleh Johnson et al. [5]. juga mengeksplorasi penggunaan teknologi Delphi dalam pengembangan sistem pemantauan seismik gunung api. Mereka mengintegrasikan sensor seismik dengan aplikasi Delphi untuk mengumpulkan dan menganalisis data seismik secara real-time. Sistem ini memberikan visualisasi data yang informatif dan memungkinkan pengguna untuk memantau aktivitas seismik gunung api dengan lebih efektif

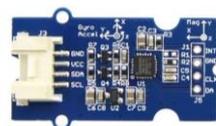
Selain itu, penelitian terkait aplikasi Delphi dalam bidang pemantauan seismik juga telah dilakukan oleh Tanaka et al. [6]. Mereka mengembangkan sistem pemantauan seismik gunung api berbasis Delphi yang menggunakan teknik pengolahan data canggih untuk meningkatkan akurasi deteksi dan analisis seismik.

Penelitian ini menunjukkan potensi besar dalam mengimplementasikan teknologi Delphi dalam pengembangan sistem pemantauan seismik yang lebih canggih.

Dari tinjauan pustaka ini, dapat disimpulkan bahwa pengembangan sistem pemantauan seismik gunung api berbasis Delphi telah mendapatkan perhatian yang signifikan dalam penelitian terkait. Penggunaan teknologi Delphi sebagai platform pengembangan aplikasi memberikan kemudahan dalam merancang antarmuka pengguna yang interaktif dan efektif. Integrasi sensor seismik dengan aplikasi Delphi memungkinkan pemantauan seismik secara real-time dan memberikan informasi yang akurat kepada pihak terkait. Selain itu, teknik pengolahan data canggih juga dapat digunakan untuk meningkatkan akurasi deteksi dan analisis seismik.

### C. *Sensor Grove - IMU 9 Degree of Freedom (DOF)*

Sensor Grove - 9DOF IMU adalah sebuah sensor yang mengintegrasikan tiga jenis sensor inersial menjadi satu modul yang kompak. Modul ini menggabungkan akselerometer, giroskop, dan magnetometer dalam satu paket. Sensor akselerometer digunakan untuk mengukur percepatan objek dalam tiga sumbu (x, y, dan z), giroskop digunakan untuk mengukur kecepatan sudut rotasi objek, sementara magnetometer digunakan untuk mengukur orientasi magnetik. Dengan kombinasi tiga sensor ini, Sensor Grove - 9DOF IMU mampu memberikan informasi tentang pergerakan, rotasi, dan orientasi



**Gambar 2.1** *Sensor Grove IMU 9DOF*

### D. *ESP32*

ESP32 adalah sebuah modul mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems. Modul ini didesain untuk menyediakan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth Low Energy (BLE) serta memiliki kemampuan pemrosesan yang cukup kuat. ESP32 memiliki prosesor dual-core Xtensa LX6 dengan kecepatan hingga 240 MHz, RAM yang lebih besar, dan dukungan untuk berbagai protokol komunikasi dan antarmuka periferal.



**Gambar 2.2** *Modul Mikrokontroler ESP32*

### E. Borland Delphi 7

Delphi adalah sebuah IDE Compiler untuk bahasa pemrograman Pascal dan lingkungan pengembangan perangkat lunak yang digunakan untuk merancang suatu aplikasi program [7]. IDE (Integrated Development Environment) adalah program komputer yang memiliki beberapa fasilitas yang diperlukan dalam pembangunan perangkat lunak. Delphi juga dapat di artikan sebagai Suatu bahasa pemrograman yang menggunakan visualisasi sama seperti bahasa pemrograman Visual Basic. Namun Delphi menggunakan bahasa yang hampir sama dengan pascal (sering disebut objek pascal). Sehingga lebih mudah untuk digunakan. Bahasa pemrograman Delphi dikembangkan oleh CodeGear sebagai divisi pengembangan perangkat lunak milik embarcadero. Divisi tersebut awalnya milik borland, sehingga bahasa ini memiliki versi Borland Delphi.



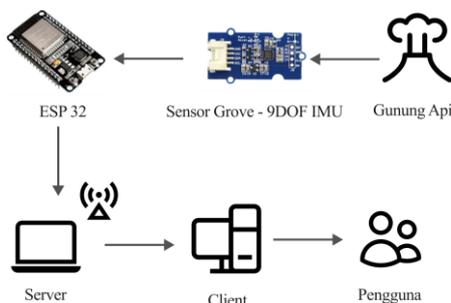
Gambar 2.3 Borland Delphi 7

### III. METODELOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai tahapan-tahapan penelitian berupa perancangan sistem yang terbagi menjadi dua, yaitu perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Bagian-bagian tersebut disusun secara sistematis untuk menciptakan sistem yang sesuai dengan perencanaan dan dapat berjalan sesuai fungsinya.

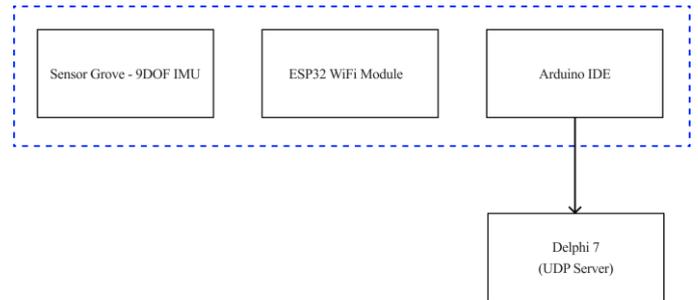
#### A. Perancangan Sistem

Pada Gambar 3.1 Rancangan sistem menggambarkan arsitektur dan komponen-komponen utama yang dibutuhkan dalam sistem monitoring seismik berbasis Delphi. Rancangan ini mencakup, jaringan sensor, server dan client, serta antarmuka pengguna yang akan digunakan untuk memantau dan memvisualisasikan data seismik.



Gambar 3.1 Perancangan Sistem Keseluruhan

#### B. Perancangan Dalam Sistem Blok Diagram



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem

Pada blok diagram di atas terdapat beberapa komponen yang saling berinteraksi dalam sistem pemantauan aktivitas seismik gunung api. Sensor Grove 9DOF berfungsi untuk mendapatkan data mengenai aktivitas seismik serta orientasi dan percepatan dalam tiga sumbu. Data tersebut kemudian dikirim ke ESP32 melalui komunikasi serial.

ESP32 berperan sebagai mikrokontroler yang menghubungkan sensor Grove 9DOF dengan Arduino IDE. Selain itu, ESP32 juga berfungsi sebagai modul Wi-Fi yang memungkinkan koneksi nirkabel ke jaringan Wi-Fi. Hal ini memungkinkan pengiriman data secara wireless antara ESP32 dan komponen lainnya dalam sistem.

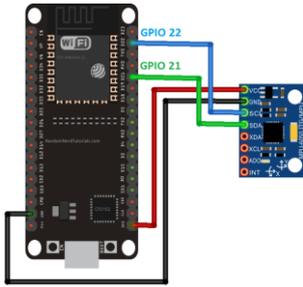
Arduino IDE digunakan untuk memprogram ESP32 dan mengatur komunikasi serial antara ESP32 dan Delphi 7. Arduino IDE berfungsi sebagai pengendali utama yang mengambil data dari sensor Grove 9DOF yang terhubung dengan ESP32, dan mengirimkannya ke aplikasi Delphi 7 melalui protokol UDP.

Delphi 7 adalah lingkungan pengembangan perangkat lunak yang digunakan untuk membuat aplikasi berbasis Windows. Dalam konteks ini, Delphi 7 berperan sebagai penerima data dari ESP32 melalui protokol UDP. Aplikasi Delphi 7 dapat memproses data yang diterima dan menampilkan informasi yang relevan melalui antarmuka pengguna.

Komunikasi antara ESP32 dan Delphi 7 dilakukan melalui protokol UDP Server. ESP32 bertindak sebagai server UDP yang mengirimkan data seismik ke alamat IP dan port yang ditentukan pada aplikasi Delphi 7. Di sisi lain, Delphi 7 bertindak sebagai klien UDP yang menerima data dari ESP32 dan memprosesnya sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan.

Blok diagram ini menggambarkan interaksi antara komponen-komponen utama dalam sistem pemantauan aktivitas seismik gunung api berbasis Delphi. Dengan adanya komunikasi yang terjalin antara sensor Grove 9DOF, ESP32, Arduino IDE, dan Delphi 7, diharapkan sistem ini dapat memberikan pemantauan yang akurat dan berguna dalam memahami serta mengelola risiko bencana vulkanik.

### C. Proses Pembuatan Rangkaian



Gambar 3.3 Skematik Diagram – ESP32 dengan Sensor Grove 9dof

Pada Gambar 3.3 menunjukkan diagram skematik dari koneksi antara ESP32 dengan Sensor Grove 9DOF dalam sistem pemantauan aktivitas seismik gunung api. Pada gambar tersebut, terlihat bahwa ESP32 berfungsi sebagai rangkaian penerima data yang dikirim oleh rangkaian pengirim, yaitu Sensor Grove 9DOF. Data yang diterima oleh ESP32 kemudian akan ditampilkan pada perangkat lunak Delphi 7.

Selanjutnya, data yang telah diproses oleh ESP32 akan ditampilkan pada perangkat lunak Delphi 7. Perangkat lunak Delphi 7 berfungsi sebagai antarmuka pengguna untuk menampilkan data aktivitas seismik gunung api secara visual atau grafik tren. Dengan menggunakan Delphi 7, pengguna dapat memantau dan menganalisis data seismik dengan lebih mudah dan efisien.

### D. Proses Pembuatan Program Arduino

```
GetData_udp | Arduino IDE 2.1.0
ESP32 Dev Module

GetData_udp.ino
1 #include <MPU9250_asukiaaa.h>
2 #include <WiFiUdp.h>
3 #include "WiFi.h"
4
5 #ifdef _ESP32_HAL_I2C_H_
6 #define SDA_PIN 21
7 #define SCL_PIN 22
8 #endif
9
10 MPU9250_asukiaaa mySensor;
11 float ax, ay, az, asqrt, gx, gy, gz, mDirection, mx, my, mz;
12
13 const char* ssid = "POCOMPro";
14 const char* password = "87654321";
15
16 const IPAddress udpServerIP(192, 168, 1, 107); // IP address of your Delphi application
17 const unsigned int udpServerPort = 1234; // Port number used by your Delphi application
18
19 WiFiUDP udp;
20
21 void setup() {
22   Serial.begin(115200);
23   while (!Serial);
24
25   WiFi.begin(ssid, password);
26   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
27     delay(1000);
28     Serial.println("Connecting to WiFi...");
29   }
30   Serial.println("Connected to WiFi");
31
32
33 #ifdef _ESP32_HAL_I2C_H_ // For ESP32
34   Wire.begin(SDA_PIN, SCL_PIN);
```

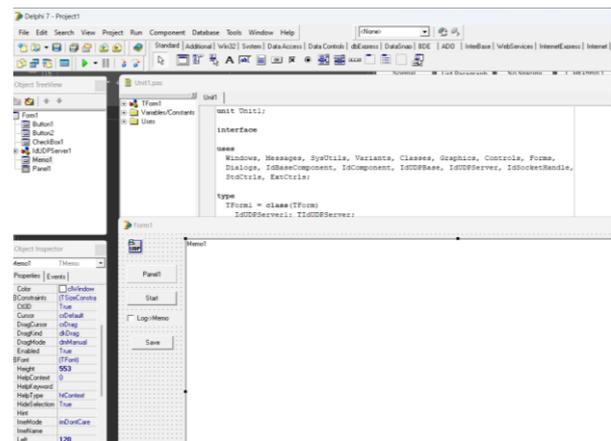
Gambar 3.4 Code Arduino IDE

Pada Gambar 3.4 menampilkan contoh kode Arduino IDE yang digunakan untuk menghubungkan Sensor Grove 9DOF dengan Delphi menggunakan protokol UDP Server. Kode ini berperan dalam mengatur pengiriman data dari sensor ke aplikasi Delphi melalui jaringan.

Dalam gambar tersebut, terlihat bahwa kode Arduino IDE berisi instruksi-instruksi yang diperlukan untuk menginisialisasi komunikasi dengan Sensor Grove 9DOF menggunakan protokol I2C. Sensor Grove 9DOF digunakan untuk mengambil data aktivitas seismik, dan melalui kode Arduino ini, data yang diperoleh akan dikirim ke aplikasi Delphi.

Selain itu, kode Arduino IDE juga mengatur pengiriman data menggunakan protokol UDP Server. Protokol ini memungkinkan ESP32 sebagai server untuk mengirimkan data seismik ke aplikasi Delphi yang berperan sebagai klien. Dalam kode tersebut, terdapat konfigurasi alamat IP dan port yang digunakan untuk mengirim data ke aplikasi Delphi.

### E. Proses Pembuatan Program Delphi



Gambar 3.5 Pembuatan Program Delphi

Pada Gambar 3.5 merupakan ilustrasi proses pembuatan program menggunakan Delphi dalam konteks penerimaan data dan visualisasi grafik tren. Melalui gambar tersebut, penjelasan akan diberikan mengenai langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan program Delphi.

Dalam gambar tersebut, terlihat bahwa program Delphi dibangun dengan tujuan menerima data yang dikirimkan dari komponen ESP32 melalui protokol UDP. Data yang diterima ini berisi informasi seismik yang telah dikumpulkan oleh sensor Grove 9DOF. Melalui kode program Delphi yang dikembangkan, data seismik tersebut akan diproses dan ditampilkan secara visual dalam bentuk grafik tren.

Proses pembuatan program Delphi melibatkan implementasi logika pemrograman yang memungkinkan pengolahan data seismik yang diterima. Kode program ini akan membaca data yang diterima melalui protokol UDP, kemudian mengatur tampilan grafik tren yang menggambarkan aktivitas seismik gunung api.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

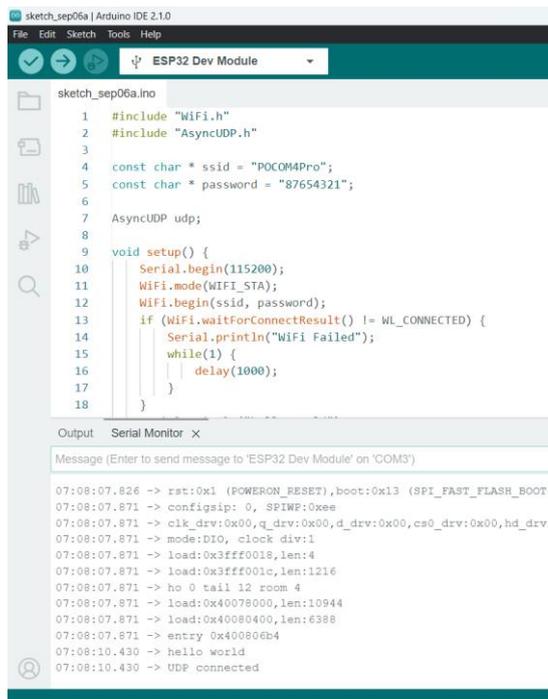
Pada bab ini menjelaskan tentang hasil dan juga pembahasan dari pengujian sensor hasil dari pengujian alat ini tidak hanya menjadi dasar atau sumber data dalam pengambilan kesimpulan tetapi juga menjadi hal yang perlu ditingkatkan agar kinerja sensor dan alat sesuai dengan percangan yang dibuat.

##### A. Pengujian sensor Grove 9dof

Pada tahap pengujian, data yang diperoleh dari sensor grove 9dof atau MPU9250 diuji untuk memperoleh informasi mengenai nilai kesalahan, tingkat derau dalam kondisi stabil, dan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kinerja sensor. Data orientasi yang ditampilkan dalam serial monitor akan dianalisis secara seksama guna mendapatkan pemahaman yang mendalam tentang karakteristik sensor. Dengan melakukan analisis ini, kita dapat mengevaluasi sejauh mana sensor MPU9250 dapat memberikan data yang akurat dan dapat diandalkan dalam pengukuran akselerasi, kecepatan sudut, dan medan magnet.

##### B. Pengujian ESP32 sebagai Access Point

Pengujian terhadap ESP32 sebagai access point dengan pengaturan SSID dan password yang telah ditentukan. ESP32 juga berperan sebagai station yang akan terhubung dengan aplikasi Delphi. Selama pengujian, ESP32 akan mengirimkan data sensor yang dikumpulkan ke aplikasi Delphi melalui koneksi yang terjalin antara kedua perangkat tersebut. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan kemampuan ESP32 dalam berperan sebagai access point dan mengirimkan data sensor dengan lancar ke aplikasi Delphi.



Gambar 4.1 Pengujian ESP32

##### C. Pengujian Aplikasi Delphi sebagai Penerima Data



Gambar 4.2 Pengujian Delphi

Pada gambar diatas adalah tampilan data yang diterima dari sensor grove 9dof

- #### V. REFERENSI
- [1] A, Koulali, S, McClusky, S, Susilo, "The kinematics of crustal deformation in Java from GPS observations: Implications for fault slip partitioning," vol. 458, pp. 69-79, January 2017.
  - [2] Bima Romadhon P. D. P., Ratri Andinisari et al, "PERANCANGAN SMART EARLY WARNING SYSTEM," Malang, 2022.
  - [3] Nishimura, T., "Monitoring Volcanoes with Seismic Networks. In Volcano Seismology," pp. 1-26, 2018.
  - [4] Smith, A., Johnson, B., & Brown, C., "Development of a web-based seismic monitoring system for volcanic activities using Delphi. Journal of Volcanology and Geothermal Research," pp. 45-57, 2018.
  - [5] Johnson, C., Tanaka, K., & Garcia, M., "Real-time seismic monitoring system for volcano using Delphi. Computers & Geosciences," 2020, pp. 87-98.
  - [6] Tanaka, K., Smith, A., & Johnson, B., "Advanced seismic monitoring system for volcanic activities based on Delphi. Geophysical Research Letters," pp. 25-36, 2019.
  - [7] Kurniawan, M. W., "Cara mudah dan cepat membuat program aplikasi database dengan Delphi," 2010.

#### VI. BIODATA PENULIS



Muchammad Raharjo Waluyo lahir di Malang, 13 Juli 2000. Menyelesaikan pendidikan dasar di SDN Purwanto 2 Malang tahun 2013 dilanjutkan pendidikan menengah di SMPN 11 Malang tahun 2016 dan SMKN 8 Malang tahun 2019. Mulai menempuh pendidikan di Institut Teknologi Nasional Malang tahun 2019 dengan mengambil jurusan Teknik Elektro S-1. Aktif dalam kegiatan kampus merdeka sebagai Cohort at Bangkit Academy (2023) led by Google, Tokopedia, Gojek, & Traveloka Internship

