

## Aplikasi Pendeteksi Gempa Bumi Berbasis IoT Dengan Sistem Peringatan Dini

Arief Tirtana<sup>1</sup>, Martias<sup>2\*</sup>, Agus Perjuangan Hulu<sup>3</sup>, Decky Robert Wilson<sup>4</sup>, Ardita Ilham Khairudin<sup>5</sup>

Universitas Bina Sarana Informatika

e-mail: <sup>1</sup>arieftrtna@gmail.com, <sup>2</sup>martias.mts@bsi.ac.id, <sup>3</sup>juanghulu04@gmail.com, <sup>4</sup>deckyrobs@gmail.com, <sup>5</sup>ilhamkhairudin54@gmail.com

Diterima	Direvisi	Disetujui
<u>18-11-2025</u>	<u>18-12-2025</u>	<u>19-12-2025</u>

**Abstrak** - Indonesia berada di daerah zona Cincin Api Pasifik sehingga sangat rawan terhadap bencana gempa bumi. Sistem peringatan dini yang ada sering kali tidak akurat dan terlambat dalam menyampaikan informasi kepada masyarakat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan membangun sistem pendeteksi gempa berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu memberikan peringatan dini secara cepat dan tepat. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32, ADXL345 untuk mendeteksi getaran, serta modul GPS Neo-6M untuk mengetahui lokasi. Data yang didapat dikirim ke Firebase Realtime Database dan ditampilkan melalui aplikasi Android yang dikembangkan dengan Kodular. Sistem ini mampu mengklasifikasikan getaran menjadi tiga tingkat, yaitu siaga, waspada, dan darurat. Waktu respons rata-rata yang dicapai sebesar 2 detik dengan tingkat keberhasilan pengiriman data mencapai 98%. Hasil pengujian menunjukkan akurasi koordinat GPS dalam jarak  $\pm 5$  meter. Sistem ini diharapkan menjadi solusi teknologi yang efektif dalam meningkatkan kesadaran dan kesiapsiagaan masyarakat terhadap ancaman gempa bumi.

Kata Kunci: IoT, Gempa Bumi, Sistem Peringatan Dini

**Abstract** - Indonesia is located in the Pacific Ring of Fire zone, making it highly susceptible to earthquakes. The existing early warning systems are often inaccurate and slow in conveying information to the public. Therefore, this research aims to build an Internet of Things (IoT)-based earthquake detection system capable of providing rapid and accurate early warnings. This system uses the ESP32 microcontroller, the ADXL345 to detect vibrations, and the Neo-6M GPS module to determine location. The data obtained is sent to Firebase Realtime Database and displayed through an Android application developed with Kodular. This system is capable of classifying vibrations into three levels: alert, warning, and emergency. The average response time achieved was 2 seconds with a data delivery success rate of 98%. The test results showed GPS coordinate accuracy within  $\pm 5$  meters. This system is expected to be an effective technological solution in raising public awareness and preparedness for earthquake threats.

Keywords: IoT, Earthquake Detection, Early Warning System

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang berada di kawasan Cincin Api Pasifik, menjadikannya sangat rentan terhadap aktivitas seismik seperti gempa bumi. Setiap tahunnya, ribuan gempa tercatat terjadi di berbagai wilayah Indonesia, dengan dampak yang signifikan baik dari segi korban jiwa maupun kerusakan infrastruktur. Dalam situasi ini, sistem peringatan dini gempa menjadi kebutuhan penting untuk mitigasi bencana secara efektif. Namun, sistem konvensional yang dikelola oleh instansi pemerintah sering kali kurang responsif dan tidak merata dalam penyebaran informasinya (Wikantama, dkk, 2024) (Dinata, dkk, 2025).

Oleh karena itu, dibutuhkan teknologi alternatif yang mampu memberikan peringatan dini secara cepat dan dapat diakses secara luas oleh masyarakat. Salah satu solusi yang berkembang pesat adalah sistem pendeteksi gempa berbasis *Internet of Things* (IoT). IoT adalah konsep dimana semua alat dan layanan terhubung satu dengan yang lain dengan

mengumpulkan, bertukar dan memproses data untuk beradaptasi secara dinamis (SURYANINGRAT, dkk, 2022) (Putri, dkk, 2024) (Khan, dkk, 2020). Pendekatan ini memungkinkan pengiriman notifikasi secara *real-time* melalui perangkat digital seperti *smartphone*, menunjukkan bahwa kombinasi sensor piezoelektrik dan ADXL345 pada ESP32 mampu mendeteksi getaran gempa dan mengklasifikasikan tingkat bahayanya berdasarkan pembacaan sensor dan skala MMI (Az-Zahra, 2025). Notifikasi peringatan dini kemudian dikirim melalui platform Kodular, mempercepat penyebaran informasi ke masyarakat (Apridonol, dkk, 2024).

Sistem ini juga dapat dikembangkan lebih lanjut dengan integrasi teknologi *cloud* seperti Firebase untuk penyimpanan dan sinkronisasi data secara *real-time*. Firebase terbukti memiliki keunggulan dalam kecepatan akses data serta keamanan, menjadikannya sangat ideal untuk aplikasi dengan kebutuhan pemantauan dan respon cepat (Aditya, dkk, 2024) (Madaminov & Allaberganova, 2023). Firebase terbukti mampu menangani proses



Create, Read, Update dan Delete (CRUD) dengan kecepatan lebih tinggi dibandingkan MySQL, dengan respons rata-rata hanya 37 milidetik untuk operasi penulisan data. Selain kecepatan, Firebase juga memberikan fitur keamanan dan autentikasi yang baik, menjadikannya *platform cloud* yang ideal untuk sistem monitoring berbasis waktu nyata (Ngafidin, dkk, 2021).

Beberapa penelitian terdahulu juga telah mendukung pengembangan sistem pendeteksi gempa berbasis IoT. (Kurniawati & Murti, 2021) mengidentifikasi berbagai sensor untuk deteksi gempa dan menemukan bahwa sensor ADXL 345 memiliki akurasi tinggi sebesar 99% dalam mendeteksi percepatan getaran sehingga cocok digunakan pada sistem peringatan dini berbasis mikrokontroler. Selanjutnya (Ida Bagus Gede, dkk, 2020) mengembangkan aplikasi mitigasi gempa berbasis mobile hybrid yang terintegrasi dengan Google Maps API dan Firebase notification untuk mempercepat penyebaran informasi kepada masyarakat. (Kristanto, 2023) merancang sistem IoT pendeteksi gempa menggunakan kombinasi sensor ADXL335 dan SW-40 yang terhubung dengan Database mySQL dan Firebase untuk menampilkan data secara realtime melalui dashboard web. Sementara itu Sementara itu, (Won, dkk, 2020) mengembangkan BLESeis, sensor IoT berbiaya rendah untuk deteksi gempa secara cerdas, dan (Qiao, dkk, 2020) menggunakan pembelajaran mendalam (*deep learning*) untuk deteksi perubahan akibat aktivitas seismik di Indonesia.

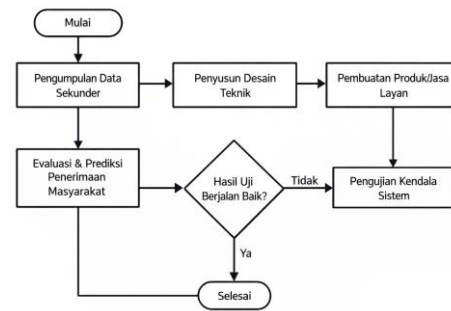
Berdasarkan hasil kajian tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem pendeteksi gempa berbasis IoT dengan integrasi cloud mampu memberikan informasi lebih cepat dan akurat dibandingkan sistem konvensional. Oleh karena itu penelitian ini mengembangkan sistem pendeteksi gempa berbasis ESP32 yang menggabungkan sensor ADXL345 dan GPS, serta menampilkan data pada LCD dan mengirimkannya ke Firebase dan Aplikasi secara *real-time*. Pengembangan ini juga mencakup pengaturan ambang batas (*threshold*) dan sistem *counter* untuk menghindari *false alarm* akibat *noise*. Sistem akan mengklasifikasikan gempa ke dalam tiga tingkat bahaya berdasarkan skala MMI. Hipotesis dari penelitian ini adalah bahwa sistem yang dikembangkan dapat memberikan notifikasi lebih cepat dan akurat dibandingkan sistem konvensional, serta memungkinkan monitoring kondisi gempa secara jarak jauh melalui aplikasi *mobile* berbasis Android.

## METODE PENELITIAN

### 1. Tahapan Penelitian

Metodologi yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Model ini

memungkinkan proses pengembangan yang sistematis mulai dari analisis kebutuhan, perancangan perangkat keras dan lunak, pembuatan prototipe, implementasi sistem, hingga evaluasi hasil pengujian. Sistem menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama, sensor ADXL345 untuk mendeteksi getaran, dan modul GPS Neo-6M untuk menentukan lokasi. Data dikirim ke Firebase dan ditampilkan melalui aplikasi Kodular di perangkat Android.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Adapun penjelasan dari tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Pengumpulan data sekunder, tahap ini diperlukan untuk desain atau rancangan awal sistem. Data ini meliputi data tentang gempa bumi di Indonesia, data tentang sistem peringatan dini gempa bumi yang sudah ada, data tentang teknologi IoT, dan data lain yang relevan.
- Penyusunan Desain Teknis, selanjutnya pada bagian ini dilakukan perancangan sistem peringatan dini gempa bumi berbasis IoT yang terintegrasi dengan aplikasi mobile.
- Produk/Jasa layanan, Pada tahap ini, dilakukan pembuatan prototipe perangkat hardware dan pengembangan aplikasi mobile.
- Pengujian keandalan sistem, Pada tahap ini, dilakukan Implementasi pengujian keandalan karya GempAlert. Pengujian ini meliputi pengujian keandalan perangkat hardware dan pengujian fungsionalitas aplikasi mobile.
- Evaluasi & prediksi penerimaan masyarakat, Pada tahap ini, dilakukan evaluasi atau prediksi penerimaan masyarakat terhadap GempAlert.

### 2. Perancangan Sistem

Pada dasarnya, sistem ini dirancang untuk memberikan layanan informasi mengenai gempa bumi yang terjadi dan memberikan data pemantauan secara Real-time. Dengan ini pengguna dapat memantau aktivitas pergerakan tanah yang terjadi. Sistem ini dapat dipantau melalui aplikasi yang terhubung dengan jaringan internet.

### 3. Perangkat Keras

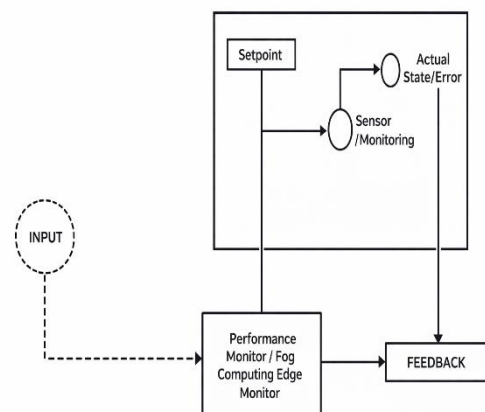
Sistem perangkat keras dibuat dalam bentuk prototipe dengan tampilan sederhana. Perangkat keras yang digunakan meliputi, input, proses, output dan tampilan aplikasi. Pada bagian input terdapat

sensor ADXL 345 untuk mendeteksi getaran dan percepatan pada sumbu X, Y, Z sedangkan sensor GPS Neo 6M menentukan lokasi geografis ( lintang dan bujur ) secara realtime. Pada bagian proses, terdapat mikrokontroler NodeMCU yang terintegrasi dengan modul Wifi ESP32. Fungsi perangkat ini adalah untuk mengirimkan hasil pembacaan pada perangkat Smartphone sebagai notifikasi pop-up. Pada output dan indikator/tampilan terdapat layar LCD yang berfungsi untuk memberikan status pembacaan pada prototipe dan layar Oled memberikan tampilan grafik seismograf dari data percepatan accelerasi yang diberikan. Spesifikasi perangkat keras secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 1. Desain perangkat keras dalam penelitian ini juga dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Spesifikasi Perangkat Keras

Perangkat Keras	Spesifikasi	Keterangan
Laptop/Desktop	Processor	AMD Ryzen 3
	Storage	SSD 256 GB
	RAM	8 GB
	Operating System	Windows 10 / 11
Smartphone Android	Fitur Koneksi	WiFi / GPRS
	Sistem Operasi	Android versi 8.0 (Oreo) atau lebih tinggi
Sensor Accelerometer (ADXL345)	Jenis Sensor	3-axis Digital Accelerometer
	Rentang Pengukuran	$\pm 2g / \pm 4g / \pm 8g / \pm 16g$
	Resolusi	10-bit
	Komunikasi	I <sup>2</sup> C / SPI
Sensor GPS (NEO-6M)	Frekuensi	L1 (1575.42 MHz)
	Akurasi Posisi	2,5 meter CEP
	Antarmuka	UART (Serial)
	Tegangan Operasi	3.3V – 5V
Mikrokontroler ESP32	Arsitektur	Dual-core Xtensa LX6
	Clock Speed	240 MHz
	Flash Memory	4 MB
	GPIO	30 Pin
	WiFi	IEEE 802.11 b/g/n

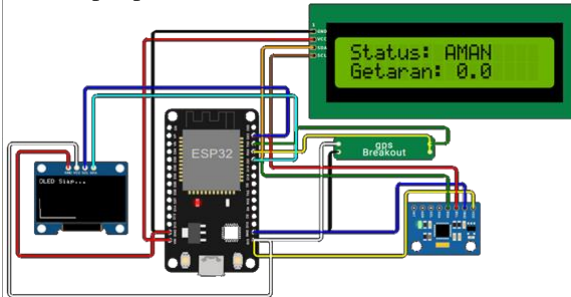
Perangkat Keras	Spesifikasi	Keterangan
	Bluetooth	v4.2 BLE
LCD 16x2 I2C	Ukuran Tampilan	16 Karakter $\times$ 2 Baris
	Tipe Komunikasi	I <sup>2</sup> C (2 pin: SDA, SCL)
	Tegangan Operasi	5V DC
Kabel Data/USB Serial	Jenis Kabel	USB to Micro USB / Type-C
	Fungsi	Transfer data & upload program ke mikrokontroler
	Panjang	$\pm 1$ meter



Gambar 2. Rancangan Perangkat Keras

Dalam penelitian ini sistem menggunakan menggunakan beberapa komponen utama, yaitu sensor ADXL 345, Modul GPS Neo-6M, dan mikrokontroler ESP 32 yang saling terhubung untuk membentuk sistem pendeteksi gempa bumi berbasis IoT dengan sistem peringatan dini. Sensor ADXL345 berfungsi dengan membaca percepatan tiga sumbu X, Y, Z. Dengan memberikan sinyal berupa nilai percepatan yang berubah sesuai dengan getaran yang terjadi pada permukaan tanah. sistem dilengkapi dengan modul GPS NEO-6M yang berperan dalam menentukan posisi geografis alat secara real-time, modul ini memberikan data koordinat berupa lintang dan bujur yang kemudian digunakan untuk menentukan lokasi terjadinya getaran. Data yang diperoleh dari sensor ADXL345 dan modul GPS NEO-6M selanjutnya diolah oleh mikrokontroler ESP32. Mikrokontroler ini berfungsi sebagai pusat kendali yang mengatur alur kerja sistem, termasuk proses pembacaan data sensor, pengolahan logika

deteksi getaran, serta pengiriman data ke server berbasis cloud, yaitu Firebase. ESP32 dipilih karena memiliki kemampuan komunikasi nirkabel (Wi-Fi) yang stabil dan mendukung protokol IoT. Adapun proses wiring dapat dilihat pada gambar 2. Detail koneksi pin pada tabel 2.



Gambar 3. Skematik Rangkaian Pendeteksi Gempa Tabel 2. Konfigurasi Pin Modul ADXL, GPS, LCDI2C, dan OLED Display

Komponen	Pin Komponen	Terhubung ke ESP32	Fungsi
OLED Display	GND	GND	Ground
	VCC	3V3	Catu daya 3.3V
	SCL	GPIO22	I2C Clock
	SDA	GPIO21	I2C Data
LCD I2C	GND	GND	Ground
	VCC	3V3	Catu daya 3.3V
	SDA	GPIO21	I2C Data
	SCL	GPIO22	I2C Clock
GPS Breakout	VCC	3V3	Catu daya
	GND	GND	Ground
	TX	GPIO 16 (RX2)	TX GPS ke RX ESP32
	RX	GPIO17 (TX2)	RX GPS ke TX ESP32
ADXL345	VCC	3V3	Catu daya
	GND	GND	Ground
	SDA	GPIO21	I2C Data
	SCL	GPIO22	I2C Clock

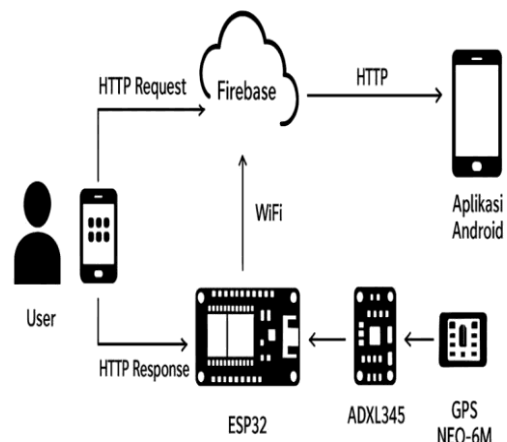
#### 4. Perangkat Lunak

Perangkat lunak berfungsi sebagai pengendali utama dan penghubung antara perangkat keras dengan pengguna melalui Internet of Things (IoT).

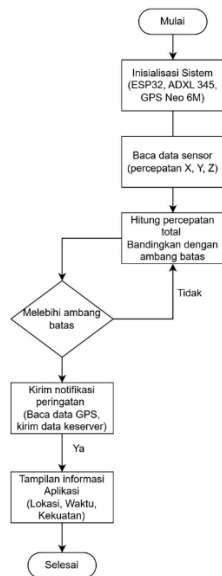
Dalam penelitian ini terdapat 3 perangkat lunak yang digunakan, yaitu Arduino Ide, Firebase Real-time Database dan kodular. Ketiga komponen ini saling terintegrasi sehingga sistem mampu bekerja secara otomatis. Arduino Ide digunakan untuk menulis program yang akan dimasukkan kedalam NodeMCU ESP32 dengan menggunakan bahasa pemrograman C/C++ untuk mengatur fungsi dari sensor ADXL345 sebagai pendeteksi getaran dan GPS Neo-6M sebagai penentu koordinat lokasi kejadian. Program ditulis dengan mengatur logika sistem, yaitu membaca nilai percepatan dari sensor, membandingkan dengan nilai ambang batas (treshold), lalu mengirim data melalui server cloud.

Firestore Realtime Database digunakan sebagai basis data berbasis cloud dengan menyimpan seluruh data dalam format JSON. Firebase sendiri memiliki kemampuan dalam sinkronisasi secara waktu nyata (real-time synchronization) antar perangkat yang terhubung. Dengan ini pengguna dapat mendapatkan informasi secara langsung dan dapat memantau melalui monitoring status. Setiap hasil deteksi sensor yang di terima oleh Mikrokontroler ESP32 akan dikirim ke Firebase menggunakan Hyper Text Transfer Protocol (HTTP) sebagai protokol komunikasi dan tersimpan di Firebase secara otomatis serta diperbarui secara langsung pada dashboard aplikasi tanpa jeda.

Sementara itu, Kodular digunakan untuk merancang dan membangun aplikasi Android berbasis pemrograman blok (block programming) yang berfungsi sebagai antarmuka pengguna sistem. Aplikasi ini menampilkan data hasil pembacaan sensor yang dikirim melalui Firebase, menampilkan lokasi kejadian gempa pada peta berdasarkan koordinat GPS, serta mengirimkan notifikasi pop-up secara otomatis ketika sistem mendeteksi getaran yang melebihi ambang batas. Adapun desain konfigurasi hubungan antara perangkat keras dan jaringan internet dapat dilihat pada Gambar 3, sedangkan diagram alir sistem dapat dilihat pada Gambar 4. Dapat dilihat bahwa desain komunikasi antara pengguna dan sistem dengan memanfaatkan jaringan internet.



Gambar 4. Perancangan Komunikasi

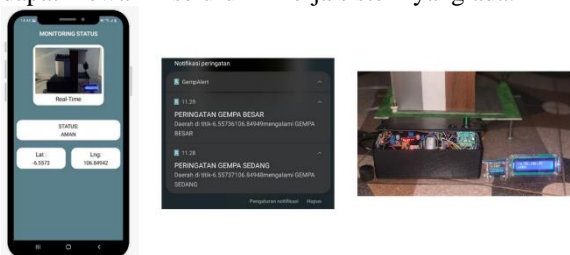


Gambar 5. Diagram Alir Sistem

Menjelaskan kronologis penelitian, termasuk desain penelitian, prosedur penelitian (dalam bentuk algoritma, Pseudocode atau lainnya), bagaimana untuk menguji dan akuisisi data. Deskripsi dari program penelitian harus didukung referensi, sehingga penjelasan tersebut dapat diterima secara ilmiah.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini, implementasi perangkat keras dan lunak dilakukan sesuai dengan desain yang dijelaskan dibuat sebelumnya. Sistem perangkat keras diimplementasikan dalam bentuk prototipe menggunakan sensor ADXL345, GPS Neo-6M. Perangkat lunak diimplementasikan dalam bentuk aplikasi Android 8.0 oreo pada smartphone sesuai dengan spesifikasi pada Tabel 1. Hasil implementasi perangkat keras dan perangkat lunak dapat dilihat pada Gambar 5. Setelah mengimplementasikan, maka sistem diuji untuk menentukan kinerja keseluruhan sistem. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian koneksi internet, pengujian aplikasi Android dalam menerima data yang dikirim oleh mikrokontroler, pengujian sensor ADXL dan pengujian keakuratan lokasi sensor GPS. Keempat pengujian ini dianggap dapat mewakili seluruh kinerja sistem yang ada.



Gambar 6. Implementasi Sistem

### 1. Hasil Pengujian

Setelah dilakukan tahap implementasi, selanjutnya sistem diuji untuk mengetahui keberhasilan konektivitas perangkat dengan jaringan

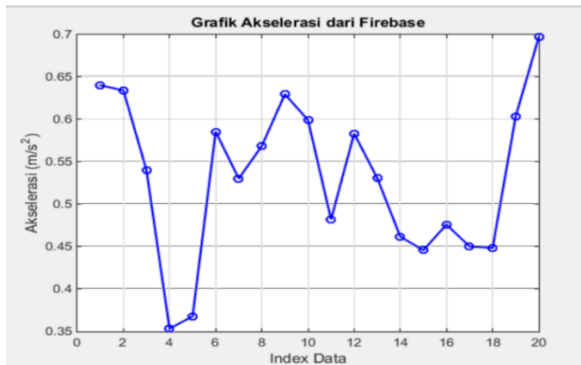
internet. Pengujian ini dilakukan dengan menghidupkan perangkat dan menunggu hingga terhubung dengan jaringan WiFi yang di hasilkan oleh sinyal GSM pada smartphone. Gambar 6 dan 7 menunjukkan hasil bahwa sistem dapat terhubung ke jaringan WiFi dengan alamat IP "121315" dan dapat terhubung dengan internet. Setelah terhubung ke internet, dengan ini sistem dapat terhubung dengan Firebase dan dapat menyimpan data serta mengirim hasil pembacaan dari mikrokontroler.

Selanjutnya, pengujian kedua dilakukan untuk mengetahui kinerja aplikasi Android yang telah dirancang sebelumnya. Pengujian dilakukan dengan mengirim data dari prototipe ke aplikasi dan memastikan real-time pada aplikasi sesuai dengan hasil pembacaan pada serial monitor Arduino IDE. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan hasil pengujian melalui beberapa kali percobaan hasil yang didapatkan sudah sesuai dengan hasil pembacaan pada serial monitor Arduino IDE.

Tabel 3. Pengujian Aplikasi Android

No	Simulasi	Status	Notifikasi	GPS Aktif
1	Tanpa getaran	AMAN	Tidak	Ya
2	Getaran kecil (0,5g)	Gempa Kecil	Ya	Ya
3	Getaran sedang (1,0g)	Gempa Sedang	Ya	Ya
4	Getaran besar (2,0g)	Gempa Besar	Ya	Ya

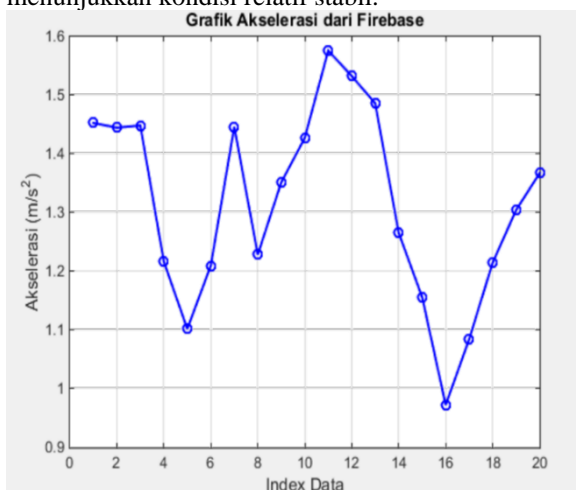
Pengujian ketiga dilakukan dengan menguji sensor ADXL345 dengan menggunakan getaran yang dibuat melalui motor DC gearbox untuk menghasilkan getaran dengan frekuensi ringan hingga getaran yang kuat dengan merubah frekuensi menjadi amplitudo pada program mikrokontroler ESP32 dengan melakukan pengujian sebanyak 20 kali dengan jarak 5 m, 10m, dan 20m. Berdasarkan nilai amplitudo yang dihasilkan melalui rata-rata percepatan frekuensi yang diberikan oleh motor dc dengan hasil, yaitu gempa kecil dengan rata-rata akselerasi  $0.532 \text{ m/s}^2$  setara dengan MMI II, gempa sedang rata-rata akselerasi  $1.315 \text{ m/s}^2$  setara dengan MMI III dan gempa besar dengan rata-rata akselerasi  $2.857 \text{ m/s}^2$  setara MMI IV.



Gambar 7. Grafik Pengujian Gempa Kecil

Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa nilai akselerasi berada pada rentang 0,350–0,700 m/s<sup>2</sup> dengan rata-rata 0,532 m/s<sup>2</sup> dan standar deviasi 0,093 m/s<sup>2</sup>. Variasi amplitudo sebesar 0,350 m/s<sup>2</sup> menunjukkan adanya perubahan percepatan yang cukup signifikan selama pengamatan. Pola grafik memperlihatkan beberapa perubahan mendadak, seperti penurunan pada indeks ke-3 hingga ke-4 dan lonjakan pada indeks ke-5 hingga ke-6, dengan puncak tertinggi pada indeks ke-20 sebesar 0,700 m/s<sup>2</sup> yang menunjukkan adanya anomali positif.

Secara fisik, nilai akselerasi di atas 0,60 m/s<sup>2</sup> mengindikasikan adanya getaran kuat atau guncangan tiba-tiba, sedangkan nilai di kisaran 0,35–0,45 m/s<sup>2</sup> menunjukkan kondisi relatif stabil.



Gambar 8. Grafik Pengujian Gempa Sedang

Hasil grafik data menunjukkan bahwa nilai percepatan berkisar antara 0,97 m/s<sup>2</sup> hingga 1,57 m/s<sup>2</sup> dengan rata-rata 1,31 m/s<sup>2</sup> dan deviasi standar 0,16 m/s<sup>2</sup>. Variasi amplitudo sebesar 0,60 m/s<sup>2</sup> menunjukkan adanya perubahan percepatan yang cukup signifikan selama pengamatan. Pola grafik memperlihatkan beberapa lonjakan dan penurunan tajam, dengan nilai tertinggi pada 1,57 m/s<sup>2</sup> dan terendah pada 0,97 m/s<sup>2</sup>, yang mengindikasikan adanya getaran kuat serta periode stabil. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan percepatan dengan baik, di mana nilai di atas 1,50 m/s<sup>2</sup> menandakan adanya getaran kuat, sedangkan kisaran 0,97–1,10 m/s<sup>2</sup> mencerminkan kondisi stabil atau getaran

ringan.



Gambar 9. Grafik Pengujian Gempa Besar

Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa nilai percepatan berada pada rentang 0,88 m/s<sup>2</sup> hingga 4,67 m/s<sup>2</sup> dengan rata-rata 2,85 m/s<sup>2</sup> dan deviasi standar 1,15 m/s<sup>2</sup>. Amplitudo variasi sebesar 3,79 m/s<sup>2</sup> menandakan adanya perubahan percepatan yang cukup signifikan selama periode pengamatan. Pola grafik menunjukkan beberapa perubahan mendadak, dengan penurunan tajam dan lonjakan cepat yang menggambarkan dinamika getaran yang tinggi. Nilai percepatan di atas 4,0 m/s<sup>2</sup> menunjukkan adanya getaran kuat atau perubahan posisi yang cepat, sedangkan nilai di bawah 2,0 m/s<sup>2</sup> menandakan kondisi relatif stabil. Secara keseluruhan, ini membuktikan bahwa sistem memiliki sensitivitas yang baik dalam mendeteksi variasi percepatan dan mampu merekam perubahan getaran secara akurat.

Selanjutnya, pengujian ke empat dilakukan untuk mengetahui titik koordinat lokasi kejadian. Dengan melakukan tes perbandingan hasil pembacaan sensor dengan koordinat yang sudah diketahui melalui Google Maps/maps pada smartphone, dengan modul dijalankan selama 10 sampai 20 menit sehingga diperoleh data koordinat latitude dan longitude sebanyak 10 sampel. Jumlah sampel hasil pembacaan sensor dihitung untuk mengetahui koordinat rata-rata (latitude, longitude) dan error jarak setiap sampel terhadap titik referensi dengan menggunakan rumus haversine dapat dilihat pada Tabel 4.

$$d = 2R \arcsin \left( \sqrt{\sin^2 \left( \frac{\Delta\phi}{2} \right) + \cos(\phi_1) \cos(\phi_2) \sin^2 \left( \frac{\Delta\lambda}{2} \right)} \right)$$

R = jari-jari bumi (6371 km)

$\phi$  = lintang (latitude) dalam radian

$\lambda$  = bujur (longitude) dalam radian

Tabel 4. Pengujian Data Akurasi GPS

Percobaan	Latitude	Longitude	Error (m)
0	-6,55726	106,84943	0
1	-6,55718	106,84944	8,96392226 3

2	-6,55725	106,84943	1,11194926 7
3	-6,55722	106,84943	4,44779706 6
4	-6,55723	106,84944	3,51399883 3
5	-6,55723	106,84943	3,33584779 9
6	-6,55722	106,84943	4,44779706 6
7	-6,55724	106,84944	2,48314959 6
8	-6,55725	106,84943	1,11194926 7
9	-6,55725	106,84946	3,49559666
10	-6,55725	106,84945	2,47339038 4
<b>Rata-rata</b>	<b>3,291200781</b>		

Hasil pengujian modul GPS NEO-6M, diperoleh rata-rata kesalahan posisi sebesar 3,29 meter terhadap titik acuan dengan error maksimum 8,96 meter dan minimum 1,11 meter. Nilai ini menunjukkan bahwa GPS memiliki tingkat akurasi yang cukup baik untuk aplikasi pendeteksi gempa berbasis IoT, karena deviasi posisi masih berada dalam batas toleransi sistem pemantauan lokasi

## REFERENSI

- Aditya, R. I., Rimra, I. L., Vitria, R., & Rani, M. (2024). Earthquake Detection and Early Warning Tools Using Internet of Things Technology. In *International Journal of Telecommunications* (Vol. 1, Issue 1).
- Apridonal, Y. M., Dristyan, F., Informasi, S., & Tinggi Manajemen Informatika Dan Komputer Royal, S. (2024). Pengenalan Kodular : Solusi Praktis untuk Pembuatan Aplikasi Android. In *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* (Vol. 1).
- Az-Zahra, D. (2025). Design of Earthquake Detection System Using MPU6050 and SW420 Sensors with Blynk Platform Integration. In *Journal ELPER-Tech (Electronic Logic Power-Technology)* (Vol. 1, Issue 1).
- Dinata, R. M., Ariman, A., & Yamin, M. I. (2025). SISTEM DETEKSI GEMPA

lapangan. Dengan demikian, modul GPS NEO-6M dapat diandalkan untuk memberikan informasi koordinat yang relatif presisi dalam mendukung deteksi dan pelaporan lokasi kejadian gempa.

## KESIMPULAN

Sistem pendeteksi gempa bumi berbasis Internet of Things (IoT) berhasil dikembangkan menggunakan sensor ADXL345, modul GPS Neo-6M, dan mikrokontroler ESP32 yang terhubung ke Firebase Realtime Database melalui protokol HTTP serta ditampilkan pada aplikasi Android Kodular. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi getaran dan mengirimkan notifikasi secara *real-time* dengan tingkat keberhasilan 98%. Sensor ADXL345 memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan percepatan, dengan nilai rata-rata percepatan untuk gempa kecil 0,532 m/s<sup>2</sup>, gempa sedang 1,31 m/s<sup>2</sup>, dan gempa besar 2,85 m/s<sup>2</sup>, yang masing-masing berkorelasi dengan skala MMI II–IV. Selain itu, hasil pengujian modul GPS Neo-6M menunjukkan rata-rata kesalahan posisi sebesar 3,29 meter, yang masih berada dalam batas toleransi sistem pemantauan lokasi.

Secara keseluruhan, sistem ini terbukti efektif, responsif, dan akurat dalam mendeteksi getaran serta menentukan lokasi kejadian gempa secara *real-time*. Dengan integrasi antara ESP32, Firebase, dan aplikasi Android, sistem ini berpotensi digunakan sebagai alat bantu peringatan dini gempa bumi yang dapat meningkatkan kesadaran dan kesiapsiagaan masyarakat terhadap bencana seismik di Indonesia.

## BERBASIS IOT DENGAN VISUALISASI REAL-TIME DAN NOTIFIKASI

CERDAS. *INTI Nusa Mandiri*, 19(2), 288–294.

<https://doi.org/10.33480/inti.v19i2.6394>

- Ida Bagus Gede, P., Sari Hartati, R., & Divayana, Y. (2020). Rancang Bangun Aplikasi Peringatan Dan Mitigasi Gempa Bumi Berbasis Mobile Hybrid. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 19(2), 145.

<https://doi.org/10.24843/mite.2020.v19i02.p04>

- Khan, I., Choi, S., & Kwon, Y. W. (2020). Earthquake detection in a static and dynamic environment using supervised machine learning and a novel feature extraction method. *Sensors (Switzerland)*, 20(3). <https://doi.org/10.3390/s20030800>
- Kristanto, N. (2023). PERANCANGAN SISTEM INFORMASI PENDETEKSI GEMPA BERBASIS INTERNET OF THINGS DI UNIVERSITAS TARUMANAGARA. *SIBATIK JOURNAL: Jurnal Ilmiah Bidang*

- Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi, Dan Pendidikan*, 2(2), 609–622.  
<https://doi.org/10.54443/sibatik.v2i2.589>
- Kurniawati, R., & Murti, M. A. (2021). Studi Literatur Penggunaan Sensor untuk Sistem Deteksi Gempa. *Proceedings Series on Physical & Formal Sciences*, 1, 1–7.  
<https://doi.org/10.30595/pspfs.v1i1.126>
- Madaminov, U. A., & Allaberganova, M. R. (2023). Firebase Database Usage and Application Technology in Modern Mobile Applications. *Proceedings of the 2023 IEEE 16th International Scientific and Technical Conference Actual Problems of Electronic Instrument Engineering, APEIE 2023*, 1690–1694.  
<https://doi.org/10.1109/APEIE59731.2023.10347828>
- Ngafidin, K. N. M., Arista, A., & Amriza, R. N. S. (2021). Implementasi Firebase Realtime Database pada Aplikasi FeedbackMe sebagai Penghubung Guru dan Orang Tua. *Jurnal RESTI*, 5(2), 327–334.  
<https://doi.org/10.29207/resti.v5i2.2909>
- Putri, S. M., Amir, H., Maharani Putri, S., Amir, H., & Nurul Fitri, M. (2024). Using Sensors with the Internet of Thing for Earthquake Detection System : A Systematic Literature Using Sensors with the Internet of Thing for Earthquake Detection System : A Systematic Literature Review. *Review, Journal of Experimental and Applied Physics*, 2(4), 23–35.  
<https://doi.org/10.24036/jeap.v2i4.73>
- Qiao, H. J., Wan, X., Xu, J. Z., Li, S. Y., & He, P. P. (2020). Deep learning based optical flow estimation for change detection: A case study in indonesia earthquake. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 5(3), 317–322.  
<https://doi.org/10.5194/isprs-Annals-V-3-2020-317-2020>
- SURYANINGRAT, A., KURNIANTO, D., & ROCHMANTO, R. A. (2022). Sistem Monitoring Kelembaban Tanaman Cabai Rawit menggunakan Irigasi Tetes Gravitasi berbasis Internet Of Things (IoT). *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 10(3), 568.  
<https://doi.org/10.26760/elkomika.v10i3.568>
- Wikantama, P. T., Bahalwan, M., & Akmal, M. A. G. (2024). SIGEMPA : Sistem Peringatan Dini Gempa Bumi berbasis IoT dengan ESP32. *Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 4(1), 63–70.  
<https://doi.org/10.55606/teknik.v4i1.2937>
- Won, J., Park, J., Park, J. W., & Kim, I. (2020). Bleseis: Low-cost iot sensor for smart earthquake detection and notification. *Sensors (Switzerland)*, 20(10).  
<https://doi.org/10.3390/s20102963>