PERANCANGAN SISTEM PENDETEKSI GETARAN GEMPA BERBASIS IOT MENGGUNAKAN SENSOR GETARAN MPU6050 DENGAN PEMANTAUN DETEKSI SECARA REAL-TIME MELALUI APLIKASI MOBILE

SKRIPSI

DISUSUN OLEH

AUDRY ZAKY DWIPUTRA

NPM. 2209020180



PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI

FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2026

PERANCANGAN SISTEM PENDETEKSI GETARAN GEMPA BERBASIS IOT MENGGUNAKAN SENSOR GETARAN MPU6050 DENGAN PEMANTAUN DETEKSI SECARA REAL-TIME MELALUI APLIKASI MOBILE

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer (S.Kom) dalam Program Studi Teknologi Informasi pada Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

AUDRY ZAKY DWIPUTRA

NPM. 2209020180

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI

FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2026

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi	:	PERANCANGAN SISTEM PENDETEKSI GETARAN GEMPA BERBASIS IOT MENGGUNAKAN SENSOR GETARAN MPU6050 DENGAN PEMANTAUN DETEKSI SECARA REAL-TIME MELALUI APLIKASI MOBILE
Nama Mahasiswa	:	AUDRY ZAKY DWIPUTA
NPM	:	2209020180
Program Studi	:	TEKNOLOGI INFORMASI

Menyetujui
Komisi Pembimbing

(Hevlie Winda Nazry S, S.Pd, M.Si)

NIDN. 0129079301

Ketua Program Studi	Dekan
(Fatma Sari Hutagalung, S.Kom, M.Kom)	**(Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom.)**
NIDN. 0117019301	**NIDN. 0127099201**

PERNYATAAN ORISINALITAS

PERANCANGAN SISTEM PENDETEKSI GETARAN GEMPA BERBASIS IOT MENGGUNAKAN SENSOR GETARAN MPU6050 DENGAN PEMANTAUN DETEKSI SECARA REAL-TIME MELALUI APLIKASI MOBILE

SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, Maret 2026

Yang membuat pernyataan



Audry Zaky Dwiputra

NPM. 2209020180

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Audry Zaky Dwiputra
NPM	: 2209020180
Program Studi	: Teknologi Informasi
Karya Ilmiah	: Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bedas Royalti Non-Eksekutif *(Non-Exclusive Royalty free Right)* atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

PERANCANGAN SISTEM PENDETEKSI GETARAN GEMPA BERBASIS IOT MENGGUNAKAN SENSOR GETARAN MPU6050 DENGAN PEMANTAUN DETEKSI SECARA REAL-TIME MELALUI APLIKASI MOBILE

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, Maret 2026

Yang membuat pernyataan

Audry Zaky Dwiputra

NPM. 2209020180

RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap	: Audry Zaky Dwiputra
Tempat dan Tanggal Lahir	: Medan,19 September 2004
Alamat Rumah	: Jl. Eka Rasmi Gg. Eka Rasmi IIA No.22a
Telepon/Faks/HP	: 082360118080
E-mail	: audryzaky1909@gmail.com
Instansi Tempat Kerja	: -
Alamat Kantor	: -

DATA PENDIDIKAN

SD	: SDN 067952 Medan Johor	TAMAT: 2016
SMP	: SMPS Harapan III Medan	TAMAT: 2019
SMA	: SMAS Harapan III Medan	TAMAT: 2022

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul *"Perancangan Sistem Pendeteksi Getaran Gempa Berbasis IoT Menggunakan Sensor Getaran MPU6050 dengan Pemantauan Secara Real-Time Melalui Aplikasi Mobile"* dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan hidayah kepada penulis dan selalu memberikan keseatan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat waktu
2. Bapak Prof. Dr. Akrim, M.Pd., Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)
3. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom. Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muahammadiah Sumatera Utara.
4. Ibu Dr. Firahmi Rizky, S.Kom., M.Kom selaku Wakil Dekan 1 Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Mhd Basri, S.Si., M.Kom selaku Wakil Dekan III Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

6. Ibu Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom Ketua Program Studi Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Okvi Nugroho, S.Kom., M.Kom Sekretaris Program Studi Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Ibu Hevlie Winda Nazry S, S.Pd, M.Si sebagai pembimbing skripsi penulis yang selalu meluangkan waktunya, memberikan saran kepada penulis, serta selalu memberikan semangat yang tiada hentinya kepada penulis sampai menyelesaikan skripsi ini.
9. Penulis mengucapkan banyak-banyak terimakasih kepada Ayahanda Nofit Muda Tama dan Ibunda Endang Susanti untuk semua doa yang telah diberikan kepada penulis, untuk seluruh semangat dan support yang telah diberikan dari berbagai arah untuk penulis, yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis selama mengerjakan skripsi.Terimakasih untuk setiap ketabahan, pengorbanan dan untuk setiap biaya yang banyak dikeluarkan untuk penulis sampai bisa menempuh pendidikan sarjana. Dengan ini penulis hanya bisa mebalasnya dengan memberikan gelar sarjana ini, sekali lagi penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada ayah dan bunda.
10. Penulis berterima kasih kepada Abang Andhika Nofisan Pratama serta Adik Ahmad Daffa Trinugraha yang selalu memberikan support dan doanya, serta selalu memberikan semangat untuk penulis sehinga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini pada tepat waktu. Penulis berharap abang dan adik dapat meraih impiannya dikemudiaan hari.
11. Penulis juga berterima kasih yang sebesar-besarnya kepada keluarga untuk support, perhatian, serta doa yang tiada hentinya kepada penulis sampai penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Dukungan yang selalu diberikan sangat bermanfaat dan berguna kepada penulis.
12. Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada teman dan sahabat yang selalu memberikan support, bantuan, dan doa yang selalu diberikan. penuils tidak bisa menyebutkan satu persatu sehinga penulis hanya dapat

menucapkan terimakasih banyak kepada teman dan sahabat yang sudah banyak membantu dalam proses penerjaan skripsi ini.

13. Penulis juga tidak lupa untuk menucapkan kepada seseorang dengan NPM 2209020271 yang tidak dapat disebut namanya selalu bersedia mendudung dan memberikan semangat kepada penulis serta doa yang tidak ada hentinya. Penulis sangat-sangat berterima kasih untuk atas semua waktu yang diberikan, menerima keluh kesah penulis dan selalu hadir disaat penulis berada dikondisi sedang tidak baik-baik saja. Sekali lagi penulis menucapkan terimakasih untuk semua saran yang telah diberikan kepada penulis dan seluruh masukkan yang diberikan sehinga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
14. Penulis juga ingin mengucapkan kepada diri sendiri yaitu Audry Zaky Dwiputra yang telah berhasil menyelesaikan skripsi ini, untuk semua pengorbanan yang telah banyak dilakukan mulai dari waktu, kekuatan, mental dan batin serta kesabaran yang tidak ada habisnya dalam pembuatan skripsi. Perjalanan yang dilalui sangat panjang dan tidak mudah tetapi penulis tetap ingin bertahan sampai saat ini untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

PERANCANGAN SISTEM PENDETEKSI GETARAN GEMPA BERBASIS IOT MENGGUNAKAN SENSOR GETARAN MPU6050 DENGAN PEMANTAUN DETEKSI SECARA REAL-TIME MELALUI APLIKASI MOBILE

ABSTRAK

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan perangkat elektronik saling terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan internet secara real-time. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pendeteksi getaran gempa berbasis IoT menggunakan sensor MPU6050 dan mikrokontroler ESP32. Sistem ini diharapkan mampu memberikan informasi dini terkait getaran yang berpotensi sebagai gempa. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Sensor MPU6050 digunakan untuk mendeteksi nilai percepatan pada sumbu X, Y, dan Z, kemudian data tersebut diolah oleh ESP32. Data hasil pembacaan sensor selanjutnya dikirimkan ke server melalui jaringan internet dan ditampilkan secara real-time pada aplikasi mobile. Sistem juga menggunakan metode threshold untuk menentukan kondisi normal dan kondisi gempa berdasarkan nilai getaran yang terdeteksi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi getaran dengan baik serta mengirimkan data secara real-time ke aplikasi mobile. Selain itu, sistem juga dapat memberikan notifikasi peringatan dini ketika nilai getaran melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Dengan demikian, sistem yang dibangun dapat digunakan sebagai alat pendeteksi getaran gempa sederhana berbasis IoT yang efektif dan mudah diimplementasikan.

Kata Kunci:Internet of Things (IoT), MPU6050, ESP32, deteksi gempa, monitoring real-time

IOT-BASED EARTHQUAKE VIBRATION DETECTION SYSTEM DESIGN USING MPU6050 VIBRATION SENSOR WITH REAL-TIME DETECTION MONITORING THROUGH MOBILE APPLICATIONS

ABSTRACT

The development of Internet of Things (IoT) technology enables electronic devices to be interconnected and communicate through the internet in real-time. This research aims to design and develop an earthquake vibration detection system based on IoT using the MPU6050 sensor and ESP32 microcontroller. The system is expected to provide early information regarding vibrations that may indicate an earthquake. The method used in this research includes hardware and software design. The MPU6050 sensor is used to detect acceleration values on the X, Y, and Z axes, which are then processed by the ESP32. The sensor data is transmitted to a server via the internet and displayed in real-time on a mobile application. The system also uses a threshold method to determine normal and earthquake conditions based on the detected vibration values. The test results show that the system is able to detect vibrations effectively and transmit data in real-time to the mobile application. In addition, the system can provide early warning notifications when the vibration value exceeds the predetermined threshold. Therefore, the developed system can be used as a simple and effective IoT-based earthquake detection tool.

Keywords:Internet of Things (IoT), MPU6050, ESP32, earthquake detection, real-time monitoring

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i

PERNYATAAN ORISINALITAS ii

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI iii

RIWAYAT HIDUP iv

KATA PENGANTAR v

ABSTRAK viii

ABSTRACT ix

DAFTAR ISI x

DAFTAR TABEL xii

DAFTAR GAMBAR xiii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang Masalah 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Batasan Masalah 5
1.4 Tujuan Penelitian 6
1.5 Manfaat Penelitian 6

BAB II Landasan Teori 7

2.1 Gempa Bumi 7

2.2 Sistem Peringatan Dini Gempa Bumi 8

2.3 Internet Of Things (IOT) 10

2.4 Sensor GetaranMPU6050 11

2.5 Sistem Pemantauan Real-Time 13

2.6 Aplikasi Mobile Sebagai Media Peringatan Dini 15

2.7 Ringkasan Penelitian Terdahulu 17

2.8 Analisis GAP 18

BAB III METODELOGI PENELITIAN 21

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian 21

3.2 Alur Penelitian 21

3.2.1 Perancangan Sistem 24
3.2.2 Implementasi Prototype 26
3.2.3 Pengujian Sistem..... 27
3.3 Flowchart Sistem 29
3.4 Desain Sistem..... 32
3.4.1 Use Case Diagram..... 33
3.4.2 Class Diagram..... 34
3.4.3 Sequence Diagram 36
3.5 Tools Perancangan Sistem..... 37
3.5.1 Perangkat Keras (Hardware) 38
3.5.2 perangkat lunak (Software) 39
3.5.3 Kebutuhan Bahan Perancangan 41
3.6 Perancangan Prototype Rangkaian..... 42
3.7 Prinsip Kerja Sistem 44
3.8 Diagram Blok Sistem..... 46
3.9 Prinsip Kerja Pendeteksi Getaran Gempa Bumi..... 49
3.9.1 Deteksi Getaran Berdasarkan Percepatan Tanah..... 49
3.9.2 Prinsip Kerja Sensor MPU6050 dalam Mendeteksi Getaran..... 49
3.9.3 Deteksi Getaran Gempa Berdasarkan Ambang Batas (Threshold) 50
3.9.4 Pemantauan dan Peringatan Dini Berbasis IoT 51
3.10 Jadwal Penelitian 51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... 53
4.1 Hasil Implementasi Sistem 53
4.2 Hasil Perancangan Perangkat Keras 54
4.3 Hasil Implenentasi Perangkat Lunak 55
4.3.1 Program ESP32..... 55
4.3.2. Aplikasi Mobile..... 57
4.4 Hasil Pengujian Sistem 57

4.4.1 Pengujian Sensor MPU6050 58
4.4.2 Pengujian Threshold 59
4.4.3 Pengujian IoT 60
4.5 Analisis Hasil 61
4.6 Pembahasan 61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 62
5.1 Kesimpulan 62
5.2 Saran 63
DAFTAR PUSTAKA 64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.7 Ringkasan Penelitian Terdahulu 17
Tabel 3.5.1 Perangkat Keras (Hardware) 37
Tabel 3.5.2 Perangkat Lunak (Software) 39
Tabel 3.5.3 Kebutuhan Bahan Perancanan 40
Tabel 3.14 Jadwal Penelitian 51
Tabel 4.4.2 Hasil Pengujian Threshold 58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.2 Alur Penelitian..... 22
Gambar 3.2.1 Perancangan Sistem 24
Gambar 3.2.2 Implementasi Prototype 26
Gambar 3.2.3 Pengujian Sistem..... 27
Gambar 3.3 Flowchart Sistem..... 29
Gambar 3.4.1 Use Case Diagram..... 33
Gambar 3.4.2 Class Diagram 34
Gambar 3.4.3 Sequence Diagram 35
Gambar 3.6 Perancangan Prototype Rangkaian..... 41
Gambar 3.7 Prinsip Kerja Sistem..... 43
Gambar 3.8 Diagram Blok Sistem 46
Gambar 4.1 Prototype Sistem Keseluruhan 53
Gambar 4.2 Rangkaian Sensor MPU6050 dengan ESP32..... 54
Gambar 4.3.1 Tampilan Program 56
Gambar 4.3.2 Tampilan Aplikasi Mobile 57
Gambar 4.4.1Pengujian Sensor..... 58
Gambar 4.4.2 Tampilan Status pada LCD 59
Gambar 4.4.3 Data pada Server IoT 59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Gempa bumi merupakan salah satu bencana alam yang paling berbahaya karena terjadinya secara tiba-tiba dan tantangan yang melekat terkait dengan meramalkan peristiwa mereka, ditambah dengan kapasitas mereka untuk menimbulkan kerusakan besar pada struktur, infrastruktur, dan keselamatan manusia. Indonesia, yang berada di persimpangan tiga lempeng tektonik dominan di dunia, menunjukkan tingkat aktivitas seismik yang cukup besar, sehingga memerlukan kerangka mitigasi bencana yang dapat diandalkan, bijaksana, dan mudah diakses oleh penduduk. Elemen penting dalam bidang mitigasi gempa adalah penyediaan sistem deteksi dan peringatan dini yang memiliki kemampuan untuk menyebarkan informasi secara real-time sebelum manifestasi luas efek gempa bumi.

Gempa bumi salah satu bencana alam yang memiliki tingkat risiko tinggi karena terjadi secara mendadak dan sulit diprediksi secara akurat. Indonesia yang terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama dunia memiliki tingkat aktivitas seismik yang relatif tinggi. Kondisi tersebut menyebabkan berbagai wilayah di Indonesia berpotensi mengalami kerusakan infrastruktur serta menimbulkan korban jiwa apabila tidak didukung oleh sistem mitigasi bencana yang memadai. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu mendeteksi aktivitas getaran secara cepat sekaligus memberikan informasi peringatan dini kepada masyarakat. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kesiapsiagaan terhadap

bencana gempa bumi adalah dengan memanfaatkan perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan proses pemantauan kondisi lingkungan dilakukan secara otomatis dan berlangsung secara *real-time*. Melalui penerapan sistem pendeteksi getaran berbasis IoT, data yang diperoleh dari sensor dapat dikirimkan secara langsung ke server atau aplikasi pemantauan. Dengan demikian, pengguna dapat memperoleh informasi mengenai kondisi getaran yang terjadi pada suatu lokasi secara cepat dan akurat.

Perkembangan teknologi digital dalam beberapa tahun terakhir telah memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pengembangan sistem mitigasi bencana, khususnya dalam bidang pendeteksian gempa bumi. Salah satu teknologi yang banyak dimanfaatkan adalah *Internet of Things* (IoT), yaitu konsep jaringan perangkat yang saling terhubung melalui internet untuk melakukan proses pengumpulan, pengiriman, serta pengolahan data secara otomatis. Melalui teknologi IoT, perangkat sensor dapat mentransmisikan data secara real-time ke server atau platform pemantauan, sehingga informasi yang dihasilkan dapat diakses dengan cepat oleh pengguna dari berbagai lokasi.

Studi yang dilaksanakan oleh (Duggal et al. 2022) mengindikasikan bahwa integrasi jaringan Internet of Things (IoT) dengan sensor MPU6050 dapat diterapkan dalam analisis struktur bangunan untuk mendeteksi getaran akibat gempa. Sistem yang dikembangkan mampu melakukan diferensiasi antara getaran seismik dan getaran non-berbahaya, seperti yang disebabkan oleh aktivitas manusia maupun pergerakan kendaraan. Aspek ini menjadi krusial, mengingat kesalahan identifikasi berupa peringatan palsu (false alarm) berpotensi menurunkan tingkat

kepercayaan pengguna terhadap sistem peringatan dini. Penelitian yang dilakukan oleh (Audia et al. 2025) mengembangkan rancangan sistem peringatan dini gempa berbasis sensor MPU6050 dengan penyajian hasil deteksi secara langsung melalui perangkat smartphone. Studi tersebut menekankan bahwa perangkat bergerak memiliki peran yang strategis sebagai media penyampaian informasi karena bersifat personal, portabel, serta senantiasa terhubung dengan pengguna. Sistem yang diusulkan telah mendukung konsep pemantauan secara real-time, namun implementasinya masih berada pada tahap perancangan awal sehingga memerlukan pengembangan lanjutan, khususnya pada aspek integrasi sistem dan peningkatan keandalan data.

Penelitian yang dilakukan oleh (Yuliano dan Putri 2024) mengembangkan sistem pendeteksi getaran gempa berbasis Internet of Things (IoT) dengan memanfaatkan metode threshold sebagai mekanisme analisis getaran. Dalam penelitian tersebut, data getaran tanah yang diperoleh dari sensor akan dianalisis berdasarkan nilai ambang batas tertentu. Ketika amplitudo getaran yang terdeteksi melebihi nilai threshold yang telah ditetapkan, sistem secara otomatis mengaktifkan buzzer atau alarm sebagai peringatan dini serta mengirimkan data getaran ke server IoT untuk keperluan monitoring gempa secara real-time. Pendekatan ini memungkinkan sistem memberikan respons cepat terhadap indikasi aktivitas seismik serta memudahkan proses pemantauan data melalui jaringan internet. Dengan ini peneliti mengangkat judul proposal berikut dikarenakan masih relatif sedikit penelitian yang mengintegrasikan proses deteksi getaran, pengolahan data sensor, pengiriman data melalui jaringan IoT, serta penyajian informasi secara *real-time* melalui aplikasi mobile dalam satu sistem yang terpadu ini menjadi penting

untuk dilakukan guna mengembangkan sistem yang mampu meningkatkan efektivitas pemantauan aktivitas getaran secara *real-time*. Oleh karena itu, penelitian berjudul **perancangan sistem pendeteksi getaran gempa berbasis IOT menggunakan sensor getaran MPU6050 dengan pemantauan deteksi secara real–time melalui apliksi mobile** diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi mitigasi bencana yang lebih cepat, akurat, serta mudah diakses oleh masyarakat.

1.2 Rumusan Masalah

Agar pelaksanaan penelitian berlangsung secara sistematis, terarah, dan berfokus pada permasalahan utama, maka perlu ditetapkan batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem pendeteksi getaran gempa berbasis Internet of Things (IoT) dengan memanfaatkan sensor MPU6050 yang mampu melakukan deteksi serta transmisi data getaran secara real-time?
2. Bagaimana mengimplementasikan sistem pemantauan getaran gempa secara real-time melalui aplikasi mobile berdasarkan data yang diperoleh dari sensor MPU6050?
3. Sejauh mana efektivitas sistem pendeteksi getaran gempa berbasis IoT menggunakan sensor MPU6050 dalam membedakan getaran seismik dan getaran non-berbahaya pada skala lokal?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menjaga agar penelitian tetap terfokus dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka ruang lingkup permasalahan dalam studi ini dibatasi sebagai berikut:

1. Sistem pendeteksi getaran gempa dirancang dengan menggunakan sensor MPU6050 sebagai komponen utama dalam mendeteksi percepatan dan getaran, tanpa melakukan perbandingan dengan jenis sensor seismik lainnya.
2. Pengujian sistem dilaksanakan pada skala lokal atau lingkungan terbatas, seperti melalui simulasi getaran maupun kondisi bangunan tertentu, serta tidak mencakup proses validasi terhadap data gempa aktual yang bersumber dari lembaga seismologi resmi.
3. Penelitian ini difokuskan pada fungsi deteksi, transmisi data, dan penyampaian peringatan dini, tanpa membahas aspek ketahanan struktur bangunan maupun upaya mitigasi pasca-gempa.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Merancang serta mengimplementasikan sistem pendeteksi getaran gempa berbasis Internet of Things (IoT) dengan memanfaatkan sensor MPU6050 yang mampu melakukan deteksi sekaligus transmisi data getaran secara real-time.
2. Mengeimplementsikan sistem pemantauan getaran gempa berbasis aplikasi mobile yang menyajikan data hasil deteksi dari sensor MPU6050 secara real-time kepada pengguna.

3. Mengevaluasi efektivitas sistem pendeteksi getaran gempa berbasis IoT dengan sensor MPU6050 dalam membedakan getaran seismik dan getaran non-berbahaya pada skala lokal.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang *Internet of Things* (IoT) dan sistem pendeteksi gempa bumi melalui pemanfaatan sensor MPU6050 sebagai perangkat pendeteksi getaran. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pengembangan sistem peringatan dini gempa berbasis IoT dengan kemampuan pemantauan secara *real-time* melalui aplikasi mobile. Penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan prototipe sistem pendeteksi getaran gempa yang dapat menyampaikan informasi secara cepat dan akurat kepada pengguna, sehingga dapat meningkatkan tingkat kesiapsiagaan terhadap potensi bencana gempa.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Gempa Bumi

Indonesia tergolong sebagai wilayah dengan tingkat aktivitas seismik yang tinggi karena posisinya berada pada zona pertemuan beberapa lempeng tektonik utama dunia. Kondisi geologis tersebut mengakibatkan gempa bumi kerap terjadi dan menimbulkan dampak yang signifikan terhadap bangunan, infrastruktur, serta keselamatan masyarakat. Sehubungan dengan hal tersebut, berbagai studi telah dilaksanakan guna meningkatkan pemahaman serta upaya mitigasi bencana gempa bumi di Indonesia, baik ditinjau dari aspek teknis struktur bangunan, peningkatan literasi masyarakat, maupun kebijakan penanggulangan bencana.

Penelitian yang dilakukan oleh (Kurnio et al. 2021) mengkaji konsep *resilience learning* serta peran pengetahuan lokal (*indigenous knowledge*) dalam menghadapi risiko gempa bumi di Indonesia. Hasil studi tersebut menunjukkan bahwa masyarakat setempat memiliki kearifan tradisional yang terbentuk melalui pengalaman berulang dalam menghadapi peristiwa gempa, seperti pemahaman terhadap tanda-tanda alam, pola evakuasi, serta desain bangunan yang adaptif terhadap guncangan seismik. Integrasi antara pembelajaran berbasis ketahanan dan pendekatan modern dinilai mampu meningkatkan tingkat kesiapsiagaan masyarakat secara signifikan.

Meskipun demikian, studi tersebut menekankan bahwa pengetahuan lokal yang dimiliki masyarakat belum sepenuhnya terintegrasi dengan pemanfaatan teknologi

modern, khususnya sistem peringatan dini yang berbasis sensor dan jaringan digital. Kondisi ini menunjukkan bahwa efektivitas upaya mitigasi bencana masih memiliki peluang untuk ditingkatkan (Kurnio et al., 2021).

Penelitian yang dilakukan oleh (Achmad 2023) menganalisis efektivitas kebijakan penanggulangan bencana gempa bumi di Indonesia dengan meninjau aspek mitigasi, kesiapsiagaan, respons darurat, serta pemulihan pascabencana. Hasil kajian menunjukkan bahwa Indonesia telah memiliki kerangka kebijakan yang relatif komprehensif. Namun demikian, implementasinya di lapangan masih menghadapi berbagai kendala, antara lain keterbatasan sumber daya, kurang optimalnya koordinasi antarlembaga, serta rendahnya pemanfaatan teknologi informasi dalam sistem peringatan dini dan diseminasi informasi kepada masyarakat.

Peneliti menegaskan bahwa tingkat kesiapsiagaan masyarakat terhadap bencana gempa bumi masih relatif rendah. Kondisi ini menjadi perhatian penting mengingat Indonesia berada pada wilayah pertemuan beberapa lempeng tektonik aktif yang menyebabkan potensi terjadinya gempa bumi cukup tinggi. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan kewaspadaan masyarakat terhadap risiko bencana tersebut. Keterbatasan pengetahuan masyarakat mengenai sistem peringatan gempa dapat memengaruhi tingkat kesiapan dalam menghadapi bencana. Dengan demikian, masyarakat membutuhkan sistem informasi yang mudah diakses, akurat, serta mampu menyajikan peringatan secara jelas sehingga dapat meningkatkan kewaspadaan dan respons terhadap potensi gempa bumi.

2.2 Sistem Peringatan Dini Gempa Bumi

Sistem Peringatan Dini Gempa Bumi (*Earthquake Early Warning System* / EEWS) merupakan suatu sistem yang dikembangkan untuk mengidentifikasi aktivitas seismik pada tahap awal serta menyampaikan peringatan kepada masyarakat sebelum gelombang gempa utama menimbulkan dampak yang signifikan. Efektivitas sistem EEWS sangat ditentukan oleh kecepatan proses deteksi, keandalan jaringan sensor, tingkat akurasi dalam pemrosesan data, serta efisiensi mekanisme penyampaian informasi kepada pengguna.

Penelitian yang dilakukan oleh (Rudyanto, Wijaya, dan Widiyantoro 2024) mengevaluasi kinerja sistem peringatan dini gempa percontohan di wilayah Jawa Barat yang dikembangkan sebagai bagian dari proyek nasional EEWS Indonesia. Sistem tersebut dibangun berdasarkan jaringan seismik real-time dengan memanfaatkan sensor seismik profesional untuk mendeteksi gelombang awal gempa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengidentifikasi kejadian gempa dengan waktu respons yang relatif cepat serta memberikan peringatan dini sebelum dampak gempa dirasakan secara luas pada beberapa wilayah sasaran.

Meskipun demikian, penelitian tersebut turut mengidentifikasi beberapa tantangan, antara lain keterbatasan jangkauan sensor, kompleksitas infrastruktur sistem, serta ketergantungan pada kestabilan jaringan komunikasi. Di samping itu, implementasi sistem EEWS nasional masih memerlukan pengembangan lanjutan agar distribusi informasi peringatan dapat menjangkau masyarakat secara lebih luas dan merata, khususnya pada wilayah dengan keterbatasan infrastruktur (Rudyanto et al., 2024).

Peneliti menyatakan bahwa sistem peringatan dini gempa bumi merupakan suatu mekanisme yang dirancang untuk mendeteksi gerakan seismik sejak tahap awal dan menyampaikan informasi peringatan kepada masyarakat sebelum dampak gempa dirasakan secara luas. Meskipun demikian, implementasi sistem tersebut masih menghadapi berbagai kendala, antara lain keterbatasan jangkauan sensor, kompleksitas infrastruktur yang digunakan, serta ketergantungan pada kestabilan jaringan komunikasi. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan sistem peringatan dini yang lebih sederhana, efisien, dan mudah diakses oleh masyarakat.

2.3 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan teknologi yang memungkinkan perangkat untuk saling terhubung melalui jaringan internet dan berkomunikasi secara otomatis. Menurut (Indah Purnama Sari dkk 2024), IoT adalah teknologi yang menghubungkan perangkat melalui internet sehingga dapat berkomunikasi dalam satu sistem yang terintegrasi.

Penelitian yang dilakukan oleh (Baharuddin, Sitopu, dan Safarudin 2024) mengkaji konsep fundamental Internet of Things (IoT) beserta penerapannya dalam berbagai aspek kehidupan di Indonesia. Studi tersebut menyoroti potensi signifikan IoT pada sejumlah sektor, termasuk rumah pintar (*smart home*), kesehatan, transportasi, pertanian, serta mitigasi bencana. Di samping manfaat yang ditawarkan, penelitian ini juga mengidentifikasi beberapa tantangan utama dalam implementasi IoT di Indonesia, seperti keterbatasan infrastruktur jaringan, permasalahan keamanan data, serta kesiapan sumber daya manusia. Temuan tersebut menegaskan bahwa pengembangan sistem IoT perlu mempertimbangkan

aspek efisiensi, keandalan, dan keamanan agar dapat diterapkan secara berkelanjutan (Baharuddin et al., 2024).

Selanjutnya, penelitian oleh (Judijanto dan Triwiyatno 2024) menganalisis dampak penerapan Internet of Things (IoT) terhadap efisiensi operasional dan keunggulan kompetitif pada industri teknologi informasi di Indonesia. Hasil studi menunjukkan bahwa implementasi IoT berkontribusi pada peningkatan efisiensi operasional melalui otomatisasi proses, pemantauan secara real-time, serta pengambilan keputusan berbasis data. Dari perspektif teoretis, IoT diposisikan sebagai faktor pendukung utama dalam transformasi digital yang memungkinkan sistem beroperasi secara lebih responsif dan adaptif terhadap dinamika kondisi lingkungan.

Menurut penulis, Internet of Things (IoT) merupakan konsep teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat fisik terhubung melalui jaringan internet sehingga dapat melakukan pertukaran data secara otomatis. Teknologi ini mendukung proses pemantauan dan pengambilan keputusan secara real-time berbasis data, sehingga memiliki peran penting dalam mendukung transformasi digital di berbagai sektor.

2.4 Sensor Getaran MPU6050

Sensor MPU6050 merupakan salah satu perangkat berbasis *Micro-Electro-Mechanical Systems* (MEMS) yang mengintegrasikan akselerometer tiga sumbu dan giroskop tiga sumbu dalam satu modul. Sensor ini dirancang untuk mengukur percepatan linier serta perubahan orientasi objek secara bersamaan pada tiga sumbu koordinat, yaitu X, Y, dan Z. Kemampuan tersebut menjadikan MPU6050 banyak

digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti sistem pemantauan gerakan, navigasi, robotika, serta sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT). Sensor ini memiliki beberapa keunggulan, antara lain ukuran yang relatif kecil, konsumsi daya yang rendah, sensitivitas yang tinggi terhadap perubahan gerakan, serta kemudahan integrasi dengan mikrokontroler melalui antarmuka komunikasi I2C. Karakteristik tersebut menjadikan MPU6050 berpotensi untuk dimanfaatkan dalam sistem pendeteksian getaran, termasuk getaran seismik yang disebabkan oleh gempa bumi.

Penelitian yang dipublikasikan (Fitrah, Mahesa, dan Dwi 2024) dengan judul *Design of Earthquake Detection System Using MPU6050* menjelaskan bahwa sensor MPU6050 dapat dimanfaatkan untuk mengukur percepatan serta perubahan orientasi yang terjadi akibat getaran gempa bumi. Dalam penelitian tersebut, data yang dihasilkan oleh sensor digunakan untuk memantau intensitas getaran tanah secara real-time melalui sistem berbasis *Internet of Things* (IoT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa MPU6050 memiliki tingkat sensitivitas yang cukup baik dalam mendeteksi perubahan getaran, sehingga berpotensi digunakan sebagai komponen utama dalam sistem pemantauan aktivitas seismik pada skala lokal. Integrasi antara sensor, mikrokontroler, dan jaringan IoT memungkinkan data getaran dikirimkan secara langsung ke sistem pemantauan, sehingga kondisi lingkungan dapat diamati secara berkelanjutan.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Audia, Yulkifli, dan Yohandri (2025) dalam jurnal *Journal of the Physical Society of Indonesia* berjudul *Earthquake Early Warning System Using MPU6050* membahas pemanfaatan sensor MPU6050 pada sistem peringatan dini gempa bumi. Dalam studi tersebut, sensor digunakan untuk mengukur percepatan getaran tanah yang selanjutnya dianalisis guna mengetahui

hubungan antara intensitas getaran dan magnitudo gempa yang terjadi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa MPU6050 mampu menghasilkan data percepatan yang dapat dijadikan sebagai parameter awal dalam mengidentifikasi aktivitas seismik. Dengan memanfaatkan informasi percepatan tersebut, sistem peringatan dini dapat memberikan indikasi awal terjadinya gempa, sehingga pengguna berpotensi memperoleh informasi lebih cepat sebelum dampak gempa dirasakan secara luas.

Berdasarkan berbagai penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sensor MPU6050 memiliki potensi yang signifikan untuk diterapkan dalam sistem pendeteksi getaran gempa. Hal ini disebabkan oleh kemampuannya dalam mengukur percepatan serta perubahan orientasi secara real-time. Selain itu, integrasi sensor tersebut dengan teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan data getaran yang diperoleh dapat dikirimkan dan dipantau secara langsung melalui jaringan komunikasi digital.

2.5 Sistem Pemantauan Real-Time

Sistem pemantauan real-time didefinisikan sebagai sistem yang dirancang untuk melakukan akuisisi, pengolahan, dan penyajian data secara langsung dengan tingkat latensi yang sangat rendah. Dalam ranah Internet of Things (IoT), pendekatan ini memungkinkan data yang diperoleh dari sensor lapangan ditransmisikan secara berkesinambungan ke platform pemrosesan serta antarmuka pengguna, sehingga kondisi aktual dapat dipantau secara segera dan mendukung pengambilan keputusan yang cepat. Karakteristik utama sistem real-time mencakup

responsivitas tinggi, keandalan dalam komunikasi data, serta kapasitas sistem untuk memproses aliran data secara kontinu.

(Paudel dan Neupane 2020) mengajukan suatu arsitektur umum untuk sistem pemantauan real-time berbasis IoT yang menggabungkan data dari beragam sensor serta aplikasi eksternal. Penelitian tersebut menyoroti urgensi konektivitas jaringan yang andal, pengelolaan data sensor secara terpusat, dan ketersediaan mekanisme respons cepat terhadap dinamika kondisi di lapangan. Arsitektur yang dikembangkan terdiri atas beberapa lapisan, yaitu lapisan perangkat (device layer), lapisan komunikasi, lapisan pemrosesan data, dan lapisan aplikasi, yang secara terpadu dirancang untuk menunjang proses pemantauan real-time yang efektif dan terintegrasi. Pendekatan arsitektur yang diuraikan dalam penelitian tersebut memiliki keterkaitan yang kuat dengan pengembangan sistem pendeteksi gempa berbasis IoT, karena data getaran yang diperoleh dari sensor perlu diproses dan disajikan secara cepat agar mekanisme peringatan dini dapat diimplementasikan secara tepat waktu (Paudel dan Neupane, 2020).

Penelitian oleh (Nandalal dan Anand Kumar 2021) mengkaji konsep sistem IoT real-time dalam berbagai bidang aplikasi, termasuk kesehatan, militer, dan pemantauan lingkungan. Studi tersebut mendefinisikan sistem IoT real-time sebagai sistem yang memiliki kemampuan untuk mengakuisisi, mengolah, dan menyajikan data sensor secara langsung dengan tingkat latensi yang sangat rendah. Selain itu, penelitian ini menegaskan bahwa implementasi sistem real-time menuntut adanya sinkronisasi yang baik antara perangkat keras, jaringan komunikasi, dan perangkat lunak guna memastikan kinerja sistem tetap optimal.

Konsep sistem real-time yang diuraikan dalam penelitian tersebut menegaskan urgensi pemrosesan data secara cepat serta penyajian informasi secara langsung, yang menjadi aspek krusial dalam implementasi sistem peringatan dini gempa bumi (Nandalal dan Anand Kumar, 2021).

Penulis ketahui sistem pemantauan *real-time* didefinisikan sebagai arsitektur yang dirancang untuk menjalankan proses akuisisi, pemrosesan, serta visualisasi data secara instan dengan latensi yang minimal. Dalam ekosistem *Internet of Things* (IoT), sistem ini memfasilitasi transmisi data sensor secara kontinu ke platform pengolahan untuk kemudian disajikan kepada pengguna. Mekanisme ini memastikan pengawasan kondisi lapangan dilakukan dengan tingkat akurasi yang tinggi serta responsivitas yang cepat.

2.6 Aplikasi Mobile Sebagai Media Peringatan Dini

Aplikasi mobile merupakan media yang efektif dalam sistem peringatan dini gempa bumi, mengingat tingginya tingkat penggunaan smartphone serta kemampuannya menerima notifikasi secara real-time. Dalam ekosistem Internet of Things (IoT), aplikasi mobile berfungsi sebagai antarmuka pengguna yang menerima, menyajikan, dan mendistribusikan informasi hasil pengolahan data sensor seismik secara cepat dan langsung kepada masyarakat. Kecepatan penyampaian notifikasi serta kejelasan informasi yang ditampilkan menjadi faktor utama yang menentukan efektivitas aplikasi mobile sebagai sarana peringatan dini.

Penelitian yang dilakukan oleh (Zambrano, Perez, Palau, dan Esteve 2020) mengkaji implementasi teknologi IoT pada sistem peringatan dini gempa bumi dengan memanfaatkan smartphone sebagai perangkat penerima notifikasi. Hasil

studi menunjukkan bahwa sistem berbasis IoT tersebut mampu mengirimkan peringatan otomatis ke perangkat seluler sekitar 12 detik sebelum puncak getaran terjadi, sehingga memberikan kesempatan bagi pengguna untuk melakukan langkah mitigasi awal. Temuan ini menegaskan bahwa smartphone memiliki potensi signifikan sebagai media peringatan dini, mengingat kemampuannya menerima notifikasi secara instan serta menyajikan informasi secara langsung kepada pengguna.

(Colombelli, Carotenuto, dan Elia 2020) mengembangkan serta mengimpleme ntasikan aplikasi seluler bernama *Earthquake Warning Application* (EWApp) yang terintegrasi dengan jaringan PRESTo *Earthquake Early Warning System* (EEWS). Studi ini menyoroti pentingnya latensi dalam pengiriman notifikasi secara real-time sebagai faktor krusial pada sistem peringatan dini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa latensi notifikasi dapat ditekan melalui perancangan arsitektur jaringan yang optimal, sehingga peringatan dapat diterima pengguna dalam waktu yang sangat singkat setelah aktivitas seismik terdeteksi.

Dapat peneliti simpulkan bahwa aplikasi mobile tidak semata berperan sebagai media penyampaian informasi, melainkan juga sebagai komponen strategis dalam sistem peringatan dini gempa bumi yang terintegrasi dengan jaringan dan teknologi Internet of Things (IoT).

2.7 Ringkasan Penelitian Terdahulu

Berdasarkan uraian penelitian yang telah dijelaskan pada Bab II Landasan Teori, bagian ini menyajikan sintesis penelitian sebelumnya yang memiliki keterkaitan langsung dengan penelitian yang diajukan. Sintesis tersebut disusun

dalam format tabel untuk memberikan gambaran yang komprehensif mengenai inti pembahasan, metodologi yang diterapkan, serta keunggulan dan kekurangan dari setiap penelitian. Penyusunan ringkasan ini diharapkan dapat berfungsi sebagai referensi dan pertimbangan dalam pengembangan penelitian, sehingga solusi yang dihasilkan dapat lebih optimal dibandingkan penelitian terdahulu. Meskipun demikian, masih teridentifikasi beberapa keterbatasan pada penelitian sebelumnya yang dapat dimanfaatkan sebagai peluang pengembangan dalam penelitian ini, sebagaimana dipresentasikan pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Ringkasan Penelitian Terdahulu

No	Judul dan Penelitian	Pembahasan	Metode	Kelebihan / Kekurangan
1	(Duggal et al. 2022)	Sistem deteksi gempa berbasis jaringan IoT menggunakan sensor MPU6050 untuk analisis getaran struktur bangunan.	IoT-based structural vibration analysis	**Kelebihan:** Mampu membedakan getaran gempa dan non-berbahaya. **Kekurangan:** Fokus pada analisis struktur bangunan dan belum terintegrasi dengan aplikasi mobile.
2	(Audia et al. 2025)	Perancangan awal sistem peringatan dini gempa berbasis sensor MPU6050 dengan tampilan smartphone.	Research and Development (R&D)	**Kelebihan:** Mendukung pemantauan real-time melalui smartphone. **Kekurangan:** Masih pada tahap desain awal dan belum dievaluasi secara komprehensif.
3	(Joy et al. 2025)	Sistem pendeteksi gempa berbasis MPU6050 dengan notifikasi berupa getaran pada ponsel.	Experimental system development	**Kelebihan:** Respons sistem cepat berbasis ambang batas getaran. **Kekurangan:** Belum mengimplementasikan sistem IoT secara end-to-end.
4	(Rosca & Stancu 2024)	Sistem prediksi dan peringatan gempa menggunakan infrastruktur IoT dan	SDLC dan cloud-based IoT	**Kelebihan:** Pemrosesan data seismik real-time dan pengiriman peringatan otomatis.

		analisis data berbasis cloud.		**Kekurangan:** Infrastruktur kompleks dan kurang efisien untuk skala lokal berbiaya rendah.
5	(Akram et al. 2025)	Kajian respons akselerograf berbasis sensor MEMS MPU6050 untuk sistem peringatan dini gempa.	Instrument performance evaluation	**Kelebihan:** Sensor MPU6050 memiliki sensitivitas dan akurasi yang baik. **Kekurangan:** Tidak mengembangkan sistem peringatan dini yang terintegrasi dengan aplikasi mobile.

2.8 Analisis GAP

Berdasarkan sintesis penelitian sebelumnya, dapat diidentifikasi beberapa kesenjangan penelitian (research gap) yang menjadi fondasi pengembangan penelitian ini. Penelitian oleh (Duggal et al. 2022) telah berhasil membangun sistem deteksi gempa bumi berbasis Internet of Things (IoT) dengan kemampuan membedakan getaran seismik dan non-berbahaya melalui analisis getaran struktur bangunan. Meskipun demikian, sistem yang dikembangkan masih terbatas pada analisis struktural dan belum menyediakan mekanisme pemantauan serta peringatan secara langsung melalui aplikasi seluler, sehingga akses informasi bagi pengguna akhir masih terbatas.

Penelitian yang dilakukan oleh (Audia et al. 2025) telah mengintegrasikan sensor MPU6050 dengan antarmuka smartphone untuk pemantauan real-time. Meskipun demikian, penelitian ini masih dalam fase desain awal dan belum disertai dengan evaluasi kinerja sistem secara komprehensif, terutama dalam membedakan jenis getaran serta keandalan sistem pada kondisi lapangan. Hal ini menunjukkan

adanya kebutuhan pengembangan sistem yang tidak hanya dirancang, tetapi juga diuji secara menyeluruh.

Penelitian (Rosca dan Stancu 2024) telah membangun sistem peringatan dini gempa bumi berbasis Internet of Things (IoT) dan cloud dengan kemampuan pemrosesan data seismik secara real-time serta pengiriman peringatan otomatis. Meskipun memiliki keunggulan dalam hal skalabilitas dan kecepatan pemrosesan, sistem yang dikembangkan memerlukan infrastruktur yang kompleks dan relatif mahal, sehingga kurang efisien untuk diterapkan pada skala lokal atau lingkungan dengan keterbatasan sumber daya.

Penelitian (Akram et al. 2025) lebih menekankan pada penilaian kinerja sensor MPU6050 sebagai instrumen akselerograf. Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam validasi sensor, namun belum membangun sistem peringatan dini gempa bumi yang terintegrasi dengan aplikasi seluler dan infrastruktur Internet of Things (IoT) secara komprehensif. Berdasarkan kesenjangan tersebut, dapat disimpulkan bahwa masih terdapat peluang penelitian untuk mengembangkan sistem deteksi getaran gempa bumi berbasis Internet of Things (IoT) yang terintegrasi secara menyeluruh, mampu membedakan getaran seismik dan non-berbahaya, mendukung pemantauan real-time melalui aplikasi seluler, serta dirancang dengan arsitektur yang sederhana dan berbiaya rendah sehingga sesuai untuk penerapan skala lokal.

BAB III

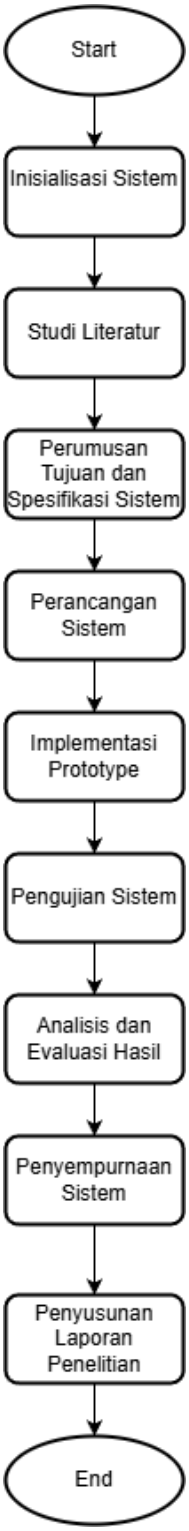
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan rekayasa (engineering research) dengan metode pengembangan berbasis prototype secara iteratif. Pendekatan ini dipilih karena sistem yang dikembangkan merupakan sistem berbasis Internet of Things (IoT) yang memerlukan proses perancangan, pengujian, evaluasi, dan penyempurnaan secara berulang hingga sistem mampu beroperasi secara optimal. Metode prototyping banyak digunakan dalam penelitian IoT karena memungkinkan peneliti untuk memvalidasi fungsi sensor, akurasi data, serta integrasi perangkat keras dan perangkat lunak secara bertahap.

3.2 Alur Penelitian

Alur penelitian disusun secara sistematis untuk memastikan proses perancangan sistem berjalan terstruktur. Penelitian diawali dengan studi literatur untuk mengkaji penelitian sebelumnya terkait sistem deteksi gempa bumi berbasis Internet of Things (IoT) dan sensor MPU6050. Tahap berikutnya adalah analisis kebutuhan sistem, baik dari aspek perangkat keras maupun perangkat lunak. Selanjutnya dilakukan perancangan arsitektur sistem, pembuatan prototipe, pengujian sistem, serta evaluasi hasil pengujian. Tahapan ini dilakukan secara iteratif hingga sistem mampu mendeteksi getaran seismik secara real-time dan menampilkan hasil pemantauan melalui aplikasi mobile.



Gambar 3.2 Alur Penelitian

Diagram tersebut merepresentasikan alur pelaksanaan penelitian yang disusun secara sistematis dari tahap awal hingga akhir. Proses penelitian diawali dengan

tahap *start* yang menandai dimulainya kegiatan penelitian. Selanjutnya dilakukan tahap inisialisasi sistem yang meliputi persiapan awal, seperti penentuan kebutuhan perangkat keras, perangkat lunak, serta lingkungan pengembangan yang akan digunakan. Setelah itu dilakukan studi literatur dengan mengumpulkan dan mempelajari berbagai sumber referensi, seperti jurnal ilmiah, buku, dan publikasi terkait lainnya, guna memperoleh landasan teori yang relevan dengan topik penelitian.

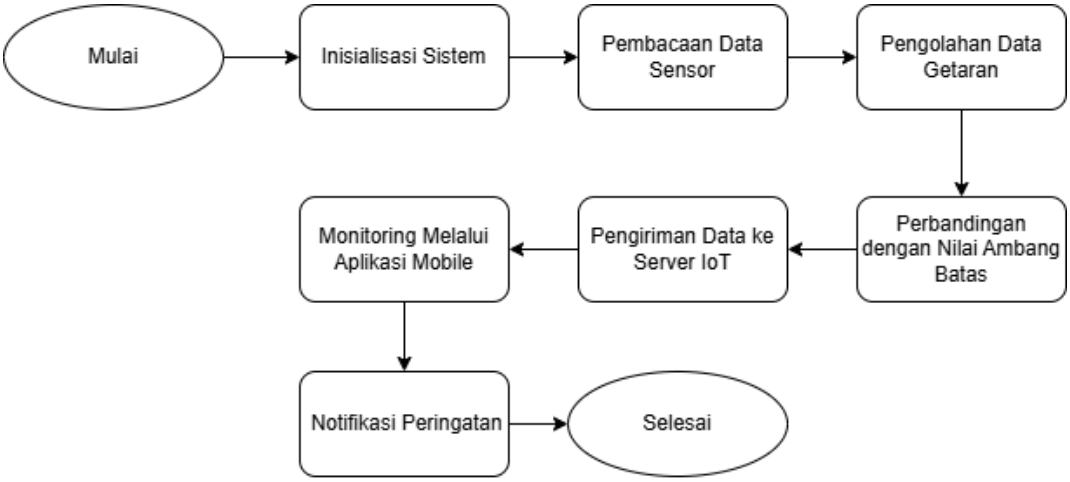
Tahap berikutnya adalah perumusan tujuan dan spesifikasi sistem, yaitu menetapkan tujuan utama penelitian serta menentukan spesifikasi sistem yang akan dikembangkan, termasuk fungsi, komponen, dan batasan sistem. Setelah tujuan dan spesifikasi sistem ditentukan, dilanjutkan dengan tahap perancangan sistem yang mencakup pembuatan desain perangkat keras dan perangkat lunak agar sistem dapat beroperasi sesuai dengan kebutuhan penelitian.

Selanjutnya dilakukan tahap implementasi prototipe, yaitu proses merealisasikan rancangan sistem ke dalam bentuk prototipe yang dapat diuji. Setelah prototipe berhasil dikembangkan, dilakukan pengujian sistem untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Hasil pengujian tersebut kemudian dianalisis dan dievaluasi guna menilai kinerja sistem serta mengidentifikasi kemungkinan adanya kekurangan atau kendala yang muncul selama pengoperasian.

Apabila masih ditemukan kelemahan pada sistem, maka dilakukan tahap penyempurnaan sistem melalui proses perbaikan dan pengembangan lebih lanjut agar kinerja sistem menjadi lebih optimal. Tahap terakhir adalah penyusunan

laporan penelitian yang berisi dokumentasi seluruh rangkaian kegiatan penelitian, mulai dari tahap perencanaan hingga hasil yang diperoleh. Setelah seluruh tahapan tersebut selesai dilaksanakan, maka proses penelitian dinyatakan berakhir pada tahap *end*.

3.2.1 Perancangan Sistem



Gambar 3.2.1 Perancangan Sistem

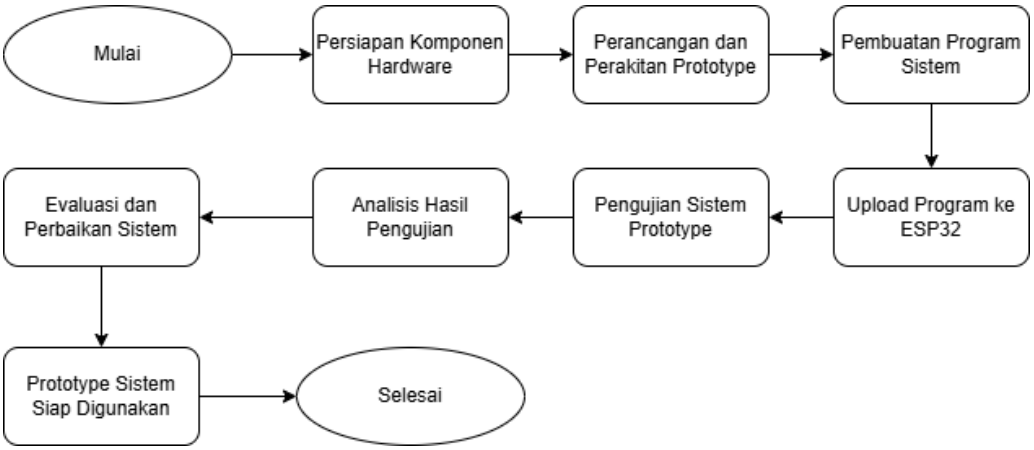
Diagram tersebut merepresentasikan alur pelaksanaan penelitian yang disusun secara sistematis dari tahap awal hingga akhir. Proses penelitian diawali dengan tahap *start* yang menandai dimulainya kegiatan penelitian. Selanjutnya dilakukan tahap inisialisasi sistem yang meliputi persiapan awal, seperti penentuan kebutuhan perangkat keras, perangkat lunak, serta lingkungan pengembangan yang akan digunakan. Setelah itu dilakukan studi literatur dengan mengumpulkan dan mempelajari berbagai sumber referensi, seperti jurnal ilmiah, buku, dan publikasi terkait lainnya, guna memperoleh landasan teori yang relevan dengan topik penelitian.

Tahap berikutnya adalah perumusan tujuan dan spesifikasi sistem, yaitu menetapkan tujuan utama penelitian serta menentukan spesifikasi sistem yang akan dikembangkan, termasuk fungsi, komponen, dan batasan sistem. Setelah tujuan dan spesifikasi sistem ditentukan, dilanjutkan dengan tahap perancangan sistem yang mencakup pembuatan desain perangkat keras dan perangkat lunak agar sistem dapat beroperasi sesuai dengan kebutuhan penelitian.

Selanjutnya dilakukan tahap implementasi prototipe, yaitu proses merealisasikan rancangan sistem ke dalam bentuk prototipe yang dapat diuji. Setelah prototipe berhasil dikembangkan, dilakukan pengujian sistem untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Hasil pengujian tersebut kemudian dianalisis dan dievaluasi guna menilai kinerja sistem serta mengidentifikasi kemungkinan adanya kekurangan atau kendala yang muncul selama pengoperasian.

Apabila masih ditemukan kelemahan pada sistem, maka dilakukan tahap penyempurnaan sistem melalui proses perbaikan dan pengembangan lebih lanjut agar kinerja sistem menjadi lebih optimal. Tahap terakhir adalah penyusunan laporan penelitian yang berisi dokumentasi seluruh rangkaian kegiatan penelitian, mulai dari tahap perencanaan hingga hasil yang diperoleh. Setelah seluruh tahapan tersebut selesai dilaksanakan, maka proses penelitian dinyatakan berakhir pada tahap *end*.

3.2.2 Implementasi Prototype



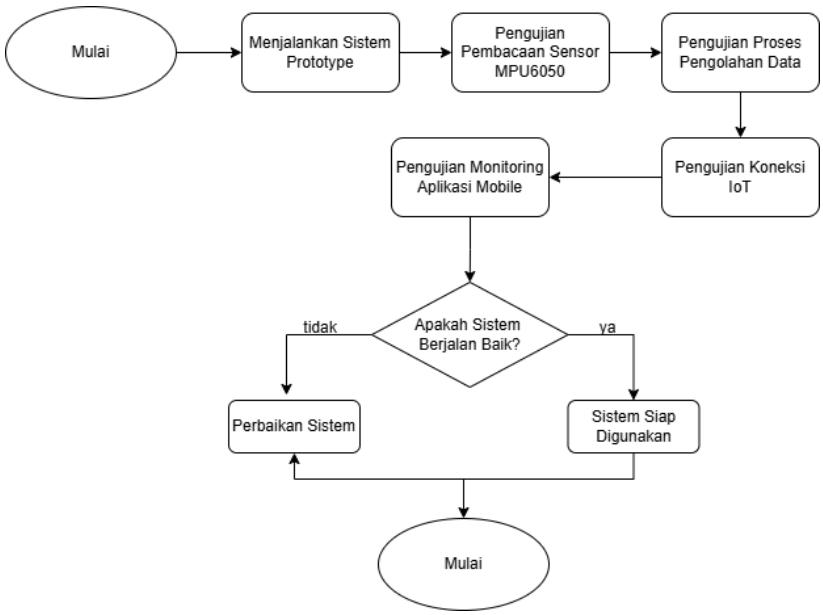
Gambar 3.2.2 Implementasi Prototype

Diagram tersebut menggambarkan alur kerja sistem pendeteksi getaran gempa yang dimulai dari tahap *start* sebagai penanda awal proses sistem dijalankan. Tahap pertama adalah inisialisasi sistem, yaitu proses persiapan dan pengaktifan seluruh komponen perangkat yang digunakan, seperti mikrokontroler, sensor MPU6050, serta koneksi jaringan yang diperlukan agar sistem dapat beroperasi dengan baik. Setelah sistem aktif, dilakukan proses pembacaan data sensor, di mana sensor MPU6050 secara kontinu mendeteksi dan merekam nilai percepatan atau getaran yang terjadi pada lingkungan sekitar.

Data yang diperoleh dari sensor selanjutnya diproses pada tahap pengolahan data getaran, yaitu proses analisis terhadap nilai percepatan yang dihasilkan sensor untuk mengetahui tingkat intensitas getaran yang terjadi. Setelah proses pengolahan selesai, sistem melakukan perbandingan dengan nilai ambang batas yang telah ditentukan sebelumnya guna mengidentifikasi apakah getaran yang terdeteksi berada dalam kondisi normal atau berpotensi sebagai aktivitas gempa.

Apabila proses analisis telah dilakukan, data tersebut kemudian dikirimkan ke server IoT melalui jaringan internet pada tahap pengiriman data ke server. Data yang telah tersimpan pada server selanjutnya dapat diakses oleh pengguna melalui aplikasi mobile untuk melakukan pemantauan kondisi getaran secara *real-time* menggunakan perangkat smartphone. Jika sistem mendeteksi nilai getaran yang melebihi ambang batas yang ditetapkan, maka sistem secara otomatis akan mengirimkan notifikasi peringatan kepada pengguna sebagai indikasi adanya potensi aktivitas gempa. Setelah seluruh proses tersebut selesai dijalankan, maka alur kerja sistem berakhir pada tahap *end*.

3.2.3 Pengujian Sistem



Gambar 3.2.3 Pengujian Sistem

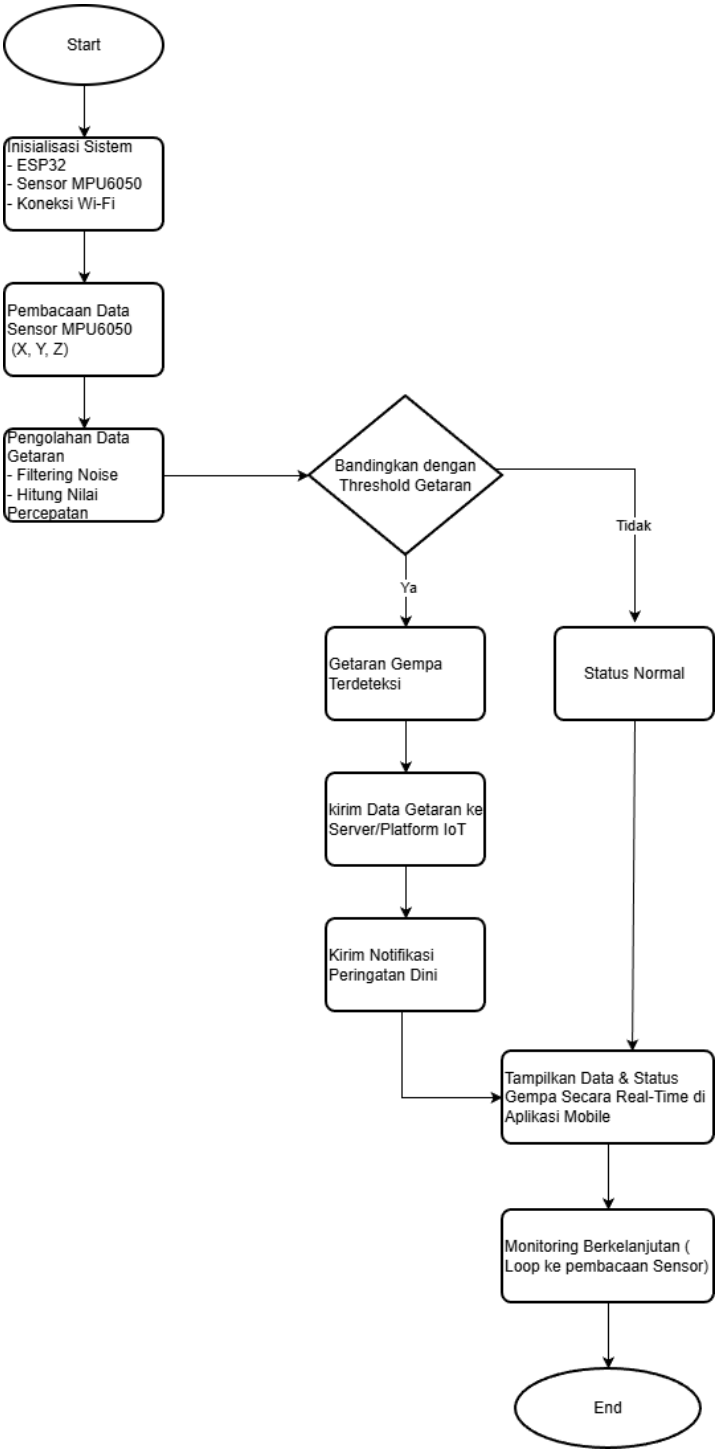
Diagram tersebut menggambarkan alur proses pengujian pada sistem pendeteksi getaran gempa. Proses pengujian diawali dari tahap *start* yang menandai dimulainya kegiatan pengujian sistem. Tahap pertama adalah menjalankan sistem

prototipe, yaitu mengaktifkan seluruh komponen yang telah dirancang, baik perangkat keras seperti mikrokontroler dan sensor MPU6050 maupun perangkat lunak yang digunakan untuk pengolahan data serta komunikasi berbasis IoT.

Selanjutnya dilakukan pengujian pembacaan sensor MPU6050 untuk memastikan bahwa sensor mampu mendeteksi dan membaca data percepatan atau getaran dengan baik. Data yang diperoleh dari sensor kemudian diuji pada tahap pengolahan data guna memastikan bahwa sistem dapat memproses informasi getaran sesuai dengan metode atau algoritma yang telah dirancang. Setelah itu, dilakukan pengujian koneksi IoT untuk memastikan bahwa data hasil pemrosesan dapat dikirimkan melalui jaringan internet menuju server atau platform IoT secara stabil.

Tahap berikutnya adalah pengujian monitoring melalui aplikasi mobile, yang bertujuan memastikan bahwa data yang telah dikirim ke server dapat ditampilkan dan dipantau oleh pengguna secara *real-time*. Setelah seluruh tahapan pengujian selesai dilakukan, sistem dievaluasi untuk mengetahui apakah seluruh komponen telah berfungsi dengan baik. Apabila sistem masih menunjukkan kendala atau kesalahan, maka dilakukan proses perbaikan guna meningkatkan kinerja sistem. Sebaliknya, jika sistem telah berjalan sesuai dengan yang diharapkan, maka sistem dinyatakan siap untuk digunakan. Proses ini dapat diulang secara berkala sebagai bagian dari evaluasi berkelanjutan hingga sistem mencapai kondisi yang stabil dan optimal.

3.3 Flowchart Sistem



Gambar 3.3 Flowchart Sistem

Bagan alir tersebut merepresentasikan keseluruhan alur kerja sistem secara komprehensif sehingga dapat dipahami dengan jelas, sederhana, dan terstruktur.

Penggunaan flowchart bertujuan untuk mempermudah pemahaman terhadap mekanisme operasional sistem yang dirancang.

a. Start

Proses dimulai ketika sistem diaktifkan. Pada tahap ini, perangkat keras mulai memperoleh daya dan program pada mikrokontroler dijalankan.

b. Inisialisasi Sistem

ESP32 melakukan proses inisialisasi terhadap seluruh komponen yang terhubung, meliputi:

1. Inisialisasi mikrokontroler ESP32
2. Inisialisasi sensor MPU6050
3. Inisialisasi koneksi Wi-Fi untuk komunikasi IoT

Tahap ini memastikan semua perangkat siap digunakan sebelum sistem masuk ke proses pembacaan data.

c. Pembacaan Data Sensor MPU6050

Sensor MPU6050 membaca data percepatan pada tiga sumbu (X, Y, Z). Data ini merupakan representasi getaran yang terjadi pada permukaan tempat sensor dipasang.

b. Pengolahan Data Getaran

Data mentah dari sensor tidak langsung digunakan, tetapi diproses terlebih dahulu oleh ESP32 dengan langkah:

1. Penyaringan noise (filtering) untuk mengurangi gangguan sinyal

2. Perhitungan nilai percepatan total untuk mengetahui intensitas getaran

Tahap ini bertujuan meningkatkan akurasi deteksi.

c. Perbandingan dengan Threshold Getaran

Nilai getaran hasil pengolahan dibandingkan dengan nilai ambang batas (threshold) yang telah ditentukan dalam program.

Jika TIDAK melebihi threshold:

1. Sistem menyatakan kondisi Status Normal
2. Data tetap dikirim dan ditampilkan pada aplikasi mobile sebagai monitoring rutin

Jika YA melebihi threshold:

1. Sistem menyatakan Getaran Gempa Terdeteksi

d. Kirim Data ke Server/Platform IoT

Data getaran yang terdeteksi dikirim melalui jaringan Wi-Fi ke server cloud IoT untuk penyimpanan dan distribusi data.

e. Kirim Notifikasi Peringatan Dini

Setelah data sampai ke server, sistem mengirimkan notifikasi peringatan dini ke pengguna melalui aplikasi mobile.

f. Tampilkan Data & Status Gempa di Aplikasi Mobile

Aplikasi mobile menampilkan:

1. Nilai getaran

2. Status kondisi (Normal atau Gempa)

3. Informasi peringatan secara real-time

g. Monitoring Berkelanjutan

Sistem tidak berhenti setelah satu kali deteksi. Proses kembali ke tahap pembacaan sensor (looping) sehingga pemantauan berlangsung terus-menerus secara real-time.

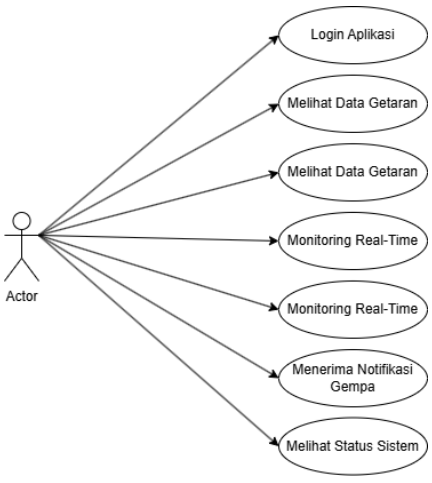
h. End

End pada flowchart menunjukkan akhir siklus diagram, namun secara operasional sistem berjalan terus selama perangkat menyala.

3.4 Desain Sistem

Perancangan ini menguraikan rancangan sistem yang dijadikan sebagai landasan dalam pengembangan solusi pemantauan kualitas air berbasis *Internet of Things* (IoT).

3.4.1 Use Case Diagram



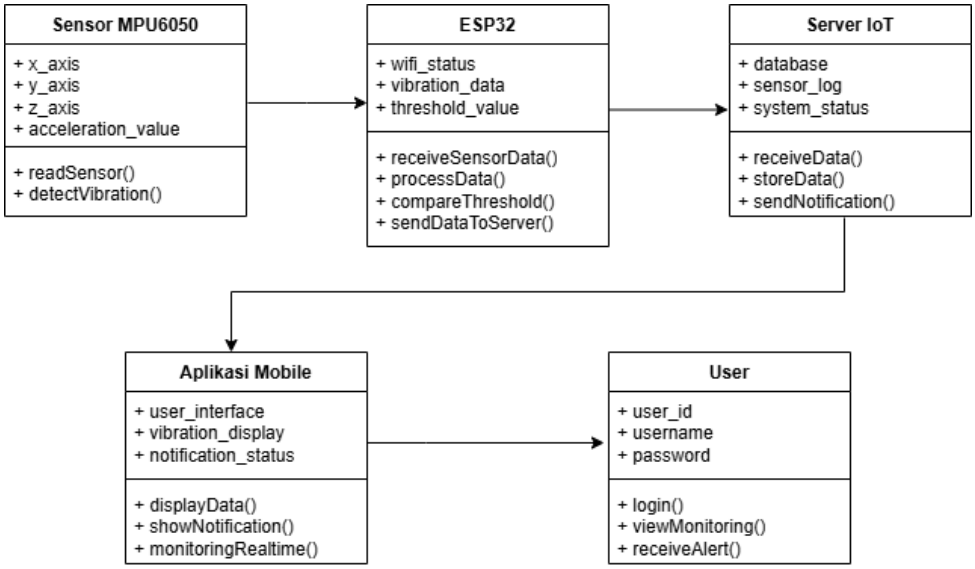
Gambar 3.4.1 Use Case Diagram

Use case diagram tersebut menggambarkan interaksi antara aktor, yaitu pengguna, dengan sistem pemantauan getaran gempa berbasis *Internet of Things* (IoT) yang diakses melalui aplikasi mobile. Pada diagram tersebut terdapat satu aktor utama, yaitu pengguna yang berinteraksi langsung dengan berbagai fungsi yang disediakan oleh sistem. Salah satu fungsi yang dapat dilakukan adalah proses *login* aplikasi, yaitu mekanisme autentikasi yang memungkinkan pengguna masuk ke dalam sistem untuk mengakses seluruh fitur yang tersedia.

Setelah proses autentikasi berhasil, pengguna dapat mengakses fitur untuk melihat data getaran yang ditampilkan oleh sistem. Data tersebut bersumber dari sensor MPU6050 yang mendeteksi getaran lingkungan, kemudian dikirimkan ke server IoT untuk diproses dan disimpan. Selain itu, pengguna juga dapat melakukan pemantauan secara *real-time*, yaitu memonitor kondisi getaran yang terjadi secara langsung melalui aplikasi mobile, sehingga informasi mengenai kondisi lingkungan dapat diperoleh dengan cepat dan akurat.

Sistem juga menyediakan fitur penerimaan notifikasi gempa, yaitu pemberitahuan otomatis yang dikirimkan kepada pengguna ketika sistem mendeteksi nilai getaran yang melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Notifikasi ini berfungsi sebagai peringatan dini agar pengguna dapat segera mengetahui adanya potensi aktivitas seismik. Selain itu, tersedia pula fitur untuk melihat status sistem yang memungkinkan pengguna mengetahui kondisi operasional sistem, apakah sedang aktif, berjalan normal, atau mengalami gangguan. Dengan adanya fitur-fitur tersebut, pengguna dapat melakukan pemantauan kondisi getaran secara lebih efektif serta memperoleh informasi secara cepat melalui aplikasi mobile.

3.4.2 Class Diagram



Gambar 3.4.2 Class Diagram

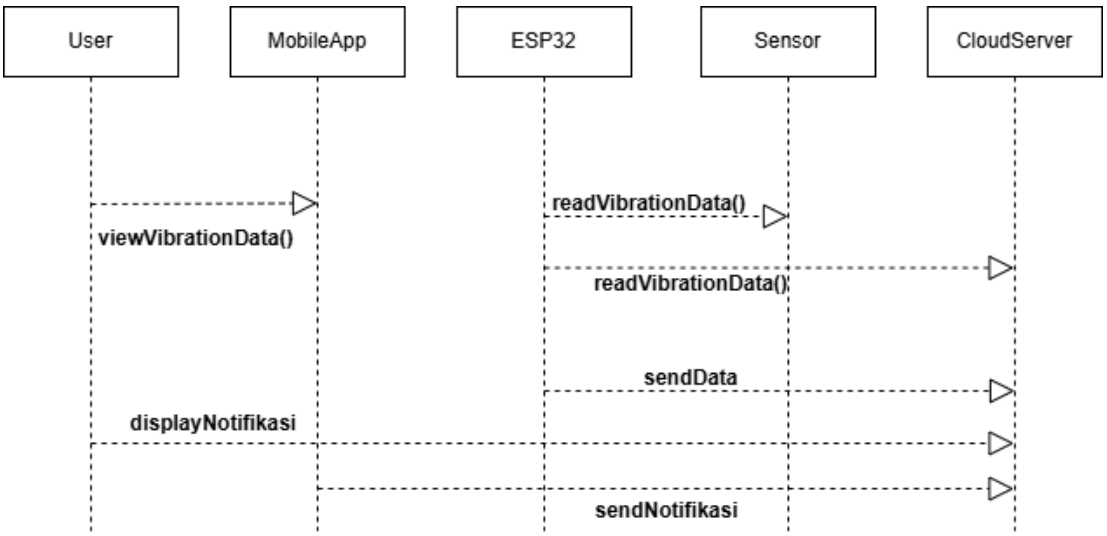
Class diagram tersebut menggambarkan alur kerja sistem pemantauan getaran yang melibatkan beberapa komponen utama, yaitu sensor, mikrokontroler, server, aplikasi mobile, dan pengguna. Proses dimulai dari sensor MPU6050 yang berfungsi mendeteksi getaran atau pergerakan dengan membaca data percepatan pada sumbu X, Y, dan Z. Data yang diperoleh kemudian dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 untuk diproses dan dibandingkan dengan nilai ambang batas yang telah ditentukan.

Selanjutnya, data hasil pemrosesan dikirimkan ke server IoT untuk disimpan dan dikelola dalam basis data. Server juga berfungsi untuk mengirimkan notifikasi apabila terdeteksi getaran yang melebihi batas yang telah ditetapkan. Informasi tersebut kemudian ditampilkan pada aplikasi mobile sehingga pengguna dapat melakukan pemantauan kondisi sistem secara *real-time*.

Melalui aplikasi mobile, pengguna dapat melakukan proses autentikasi, melihat data pemantauan getaran, serta menerima notifikasi peringatan apabila terjadi

getaran yang berpotensi sebagai gempa. Dengan demikian, class diagram ini menunjukkan alur sistem mulai dari proses pengambilan data oleh sensor hingga penyampaian informasi dan notifikasi kepada pengguna secara *real-time*.

3.4.3 Sequence Diagram



Gambar 3.4.3 Sequence Diagram

Diagram *sequence* tersebut menggambarkan alur interaksi antar komponen dalam sistem pemantauan getaran berbasis *Internet of Things* (IoT) yang melibatkan beberapa elemen utama, yaitu User, MobileApp, ESP32, Sensor, dan CloudServer. Proses dimulai ketika pengguna ingin melihat informasi data getaran melalui aplikasi mobile dengan menjalankan fungsi *viewVibrationData()* pada MobileApp. Permintaan tersebut kemudian memicu sistem untuk mengambil data getaran dari perangkat yang terhubung dengan sistem pemantauan.

Selanjutnya, mikrokontroler ESP32 mengirimkan perintah *readVibrationData()* kepada sensor MPU6050 untuk melakukan pembacaan data getaran. Sensor tersebut mendeteksi pergerakan atau getaran berdasarkan nilai percepatan pada

sumbu X, Y, dan Z, kemudian mengirimkan kembali data hasil pembacaan kepada ESP32. Data yang diterima oleh mikrokontroler selanjutnya diproses terlebih dahulu sebelum diteruskan ke server.

Setelah proses pengolahan data selesai, ESP32 mengirimkan data tersebut ke CloudServer melalui proses *sendData*. Server kemudian menerima dan menyimpan data tersebut dalam basis data sehingga dapat diakses oleh aplikasi mobile. Selain itu, server juga melakukan analisis terhadap data getaran yang diterima untuk menentukan apakah nilai getaran yang terdeteksi melebihi ambang batas yang telah ditetapkan sebelumnya.

Apabila sistem mendeteksi kondisi tertentu, seperti nilai getaran yang melampaui batas yang ditentukan, maka CloudServer akan mengirimkan notifikasi kepada MobileApp melalui proses *sendNotification*. Aplikasi mobile kemudian menampilkan pesan peringatan kepada pengguna melalui proses *displayNotification*. Dengan demikian, diagram ini menunjukkan urutan komunikasi sistem yang dimulai dari permintaan data oleh pengguna, proses pembacaan data oleh sensor melalui ESP32, pengiriman data ke server, hingga penyampaian notifikasi kembali kepada pengguna agar proses pemantauan getaran dapat dilakukan secara *real-time*.

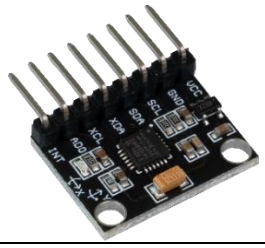
3.5 Tools Perancangan Sistem

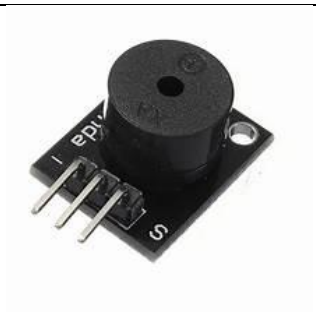
Tahap ini berfokus pada fungsi tools dalam perancangan alat guna mengidentifikasi serta memahami kebutuhan sistem yang akan dikembangkan. Pada tahap tersebut dijelaskan peran dan fungsi setiap komponen yang digunakan dalam sistem perancangan.

3.5.1 Perangkat Keras (Hardware)

Berikut merupakan uraian fungsi perangkat yang digunakan dalam sistem perancangan. Perangkat yang dimanfaatkan dalam sistem ini terdiri atas:

Tabel 3.5.1 Perangkat Keras (Hardware)

No	Perangkat Keras	Fungsi
1	ESP32 	Berfungsi sebagai pusat kendali yang mengatur seluruh proses kerja sistem.
2	Expansion Board ESP32 	Berfungsi sebagai penghubung antar pin sehingga mempermudah kerja alat dan membuat kabel tersusun lebih rapi.
3	Sensor MPU6050 	Berfungsi sebagai mendeteksi perubahan percepatan (aksselerasi) pada tiga sumbu yaitu X, Ydan Z
4	LCD Display 	Berfungsi sebagai menampilkan nilai percepatan atau intensitas getaran yang dibaca oleh sensor
5	Buzzer	Berfungsi sebagai suara untuk memberikan tanda berbahaya

		
6	Kabel Jumper 	Berfungsi sebagai kabel penghubung untuk mengalirkan sinyal dan daya listrik antar komponen
7	LED 	Berfungi sebagai warna penanda sedang terjadi bahaya

Tabel diatas menyajikan daftar perangkat keras yang diperlukan dalam perancangan sistem sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan oleh peneliti.

3.5.2 perangkat lunak (Software)

Beberapa perangkat lunak digunakan dalam proses perancangan sistem ini. Berikut merupakan daftar perangkat lunak yang dibutuhkan dalam pengembangan sistem tersebut:

Tabel 3.5.2 Perangkat Lunak (Software)

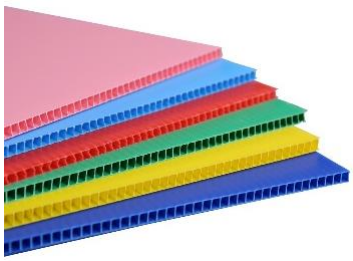
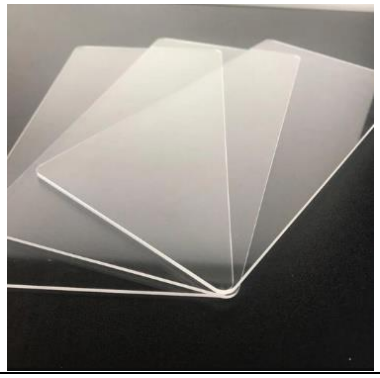
No	Perangkat Lunak	Fungsi
1	Arduino IDE 	Berfugsi sebagai perangkat lunak menguplod program ke sistem ESP32.
2	Draw.Io 	Berfungsi sebagai membuat alur rancangan sistem supaya tertata rapi.
3	Figma 	Berfungsi sebagai alat merancang desain UI antar muka aplikasi mobile.
4	Aplikasi Mobile	Berfungsi sebagai platform utama untuk menjalankan aplikasi antara pengguna dan perankat IOT.

Pada tabel perangkat lunak di atas, sistem dapat menjalankan sitem perancangan yang telah dibuat dan dapat melihat langsung tampilan pada ponsel pengguna

3.5.3 Kebutuhan Bahan Perancangan

Ada juga bahan yang digunakan untuk menunjang sistem perancangan alat yang dibuat:

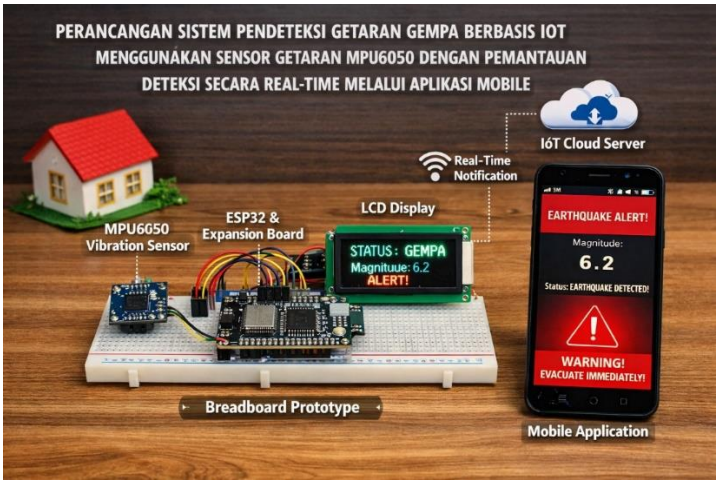
Tabel 3.5.3 Kebutuhan Bahan Perancanan

No	Bahan	Fungsi
1	Papan Plastik PVC 	Berfungsi sebagai alas untuk perancangan.
2	Akrilik 	Digunakan sebagai Penutup atas dari perancangan sisten supaya terlihat trasparan.
3	Pisau Cutter 	Digunkana sebagai alat pemotong papan plastik PVC dan akrilik.
4	Lem Tembak 	Digunakan sebagai alat perekat antara papan plastik PVC dan akrilik.

3.6 Perancangan Prototype Rangkaian

Berikut disajikan ilustrasi perancangan sistem dalam pembangunan prototipe yang digunakan untuk mengembangkan sistem pendeteksi getaran gempa serta

pemantauan secara real-time dengan memanfaatkan sensor MPU6050. Ilustrasi ini menggambarkan susunan rangkaian perancangan prototipe yang digunakan dalam penelitian.



Gambar 3.6 Perancangan Prototype Rangkaian

Ilustrasi tersebut menampilkan rancangan prototipe sistem pendeteksi getaran gempa berbasis Internet of Things (IoT) yang digunakan dalam penelitian ini. Sistem dirancang dengan mengintegrasikan beberapa komponen utama yang bekerja secara terpadu untuk mendeteksi getaran seismik serta mengirimkan informasi kepada pengguna secara real-time..

Pada bagian kiri ilustrasi ditunjukkan sensor MPU6050 yang berperan sebagai perangkat pendeteksi getaran dan percepatan tanah. Sensor ini ditempatkan di dekat miniatur bangunan sebagai representasi objek yang dipantau. MPU6050 merekam perubahan nilai percepatan pada sumbu X, Y, dan Z, yang digunakan sebagai indikator adanya aktivitas getaran yang berpotensi disebabkan oleh gempa.

Pada bagian tengah sipstem ditunjukkan modul ESP32 yang dipasang pada expansion board dan dirangkai menggunakan breadboard. ESP32 berfungsi sebagai

unit pengendali utama (controller) yang melakukan pemrosesan data. Sinyal getaran yang diperoleh dari sensor MPU6050 diolah oleh ESP32 untuk mengklasifikasikan tingkat getaran, apakah termasuk kategori berbahaya atau tidak, berdasarkan nilai ambang batas yang telah ditentukan dalam pemrograman sistem.

Pada bagian yang sama juga terlihat modul LCD yang berperan sebagai media tampilan lokal. Layar ini menyajikan informasi status sistem secara langsung, seperti indikator kondisi gempa, nilai parameter getaran, serta pesan peringatan. Keberadaan LCD memungkinkan pengguna di sekitar perangkat memperoleh informasi kondisi sistem tanpa bergantung pada aplikasi mobile.

Sementara itu, pada bagian kanan ilustrasi ditampilkan perangkat smartphone yang menerima notifikasi peringatan gempa. Hal ini menunjukkan bahwa sistem terhubung dengan IoT Cloud Server melalui jaringan internet. Ketika ESP32 mendeteksi nilai getaran yang melebihi ambang batas, data dikirimkan ke server cloud dan selanjutnya diteruskan ke aplikasi mobile dalam bentuk notifikasi peringatan secara real-time kepada pengguna.

3.7 Prinsip Kerja Sistem

Sistem bekerja dengan memanfaatkan sensor getaran MPU6050, mikrokontroler ESP32, koneksi IoT, serta aplikasi mobile sebagai media pemantauan real-time. Alur kerjanya sebagai berikut:



Gambar 3.7 Prinsip Kerja Sistem

1. Getaran Terdeteksi oleh Sensor

Sensor MPU6050 dipasang pada permukaan tanah atau struktur bangunan untuk mendeteksi getaran. Sensor ini membaca perubahan percepatan pada sumbu X, Y, dan Z, yang merepresentasikan intensitas getaran akibat aktivitas lingkungan atau gempa.

2. Pembacaan dan Pengolahan Data Sensor

Data percepatan dari MPU6050 dikirim ke ESP32. Mikrokontroler kemudian:

a. Mengolah data mentah sensor

b. Menghitung besar intensitas getaran

c. Melakukan penyaringan noise (filtering) agar pembacaan lebih akurat

3. Perbandingan dengan Nilai Ambang (Threshold)

Hasil perhitungan getaran dibandingkan dengan nilai ambang batas yang telah ditentukan pada sistem.

a. Jika nilai masih di bawah ambang → kondisi dianggap normal

b. Jika melebihi ambang → sistem mengidentifikasi adanya getaran gempa

4. Pengiriman Data ke Server IoT

ESP32 yang terhubung ke jaringan Wi-Fi mengirimkan data hasil pembacaan (nilai getaran dan status kondisi) ke server/cloud IoT platform secara real-time.

5. Notifikasi ke Aplikasi Mobile

Data dari server ditampilkan pada aplikasi mobile.

a. Jika kondisi normal → hanya menampilkan status monitoring

b. Jika terdeteksi gempa → aplikasi menampilkan peringatan (alert) secara langsung

6. Tampilan Informasi Lokal (LCD)

Selain di aplikasi mobile, status sistem juga ditampilkan pada LCD display, seperti:

a. Status: Normal atau Gempa

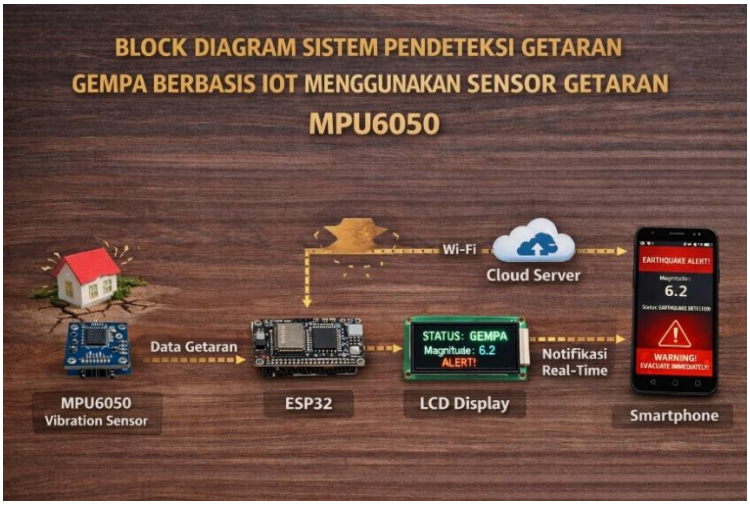
b. Nilai intensitas getaran

7. Monitoring Berkelanjutan (Looping)

Sistem bekerja secara terus-menerus dalam siklus pembacaan sensor → pengolahan → pengiriman data → notifikasi, sehingga pemantauan getaran berlangsung real-time dan berkelanjutan.

3.8 Diagram Blok Sistem

Diagram blok menjelaskan cara bekerja sistem pendekteksi getaran gempa yang menggunakan sensor MPU6050 dan menggunakan mikrokontroler ESP32. Berikut ini gambar ilustrasi dan penjabaran setiap bloknya.



Gambar 3.8 Diagram Blok Sistem

1. Blok Input

Blok input merupakan tahapan awal dalam sistem yang berperan sebagai sumber akuisisi data getaran. Pada rancangan ini, blok input terdiri atas satu komponen utama, yaitu sensor MPU6050.

a. Sensor MPU6050

Sensor MPU6050 merupakan sensor getaran berbasis teknologi MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) yang mampu mengukur percepatan linier serta perubahan orientasi pada tiga sumbu, yaitu X, Y, dan Z. Sensor ini digunakan untuk mendeteksi getaran pada tanah atau struktur bangunan yang berpotensi berkaitan dengan aktivitas seismik. Data percepatan yang dihasilkan oleh MPU6050 selanjutnya dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 sebagai masukan utama untuk

proses analisis lanjutan. Dengan demikian, sensor ini memegang peranan penting dalam mengidentifikasi perbedaan antara getaran gempa dan getaran non-berbahaya.

2. Blok Proses

Blok proses merupakan bagian inti sistem yang berfungsi sebagai pusat pengolahan data dan pengendalian, yang direpresentasikan oleh mikrokontroler ESP32. Perangkat ini berperan dalam mengintegrasikan kemampuan pemrosesan data dengan komunikasi berbasis Internet of Things (IoT).

Secara fungsional, ESP32 pada sistem ini bertugas untuk menerima data getaran dari sensor MPU6050 secara berkelanjutan, kemudian mengolah data percepatan tersebut melalui logika dan algoritma yang telah diprogram. Hasil pengolahan selanjutnya dibandingkan dengan nilai ambang batas (threshold) guna mengidentifikasi kondisi normal atau indikasi gempa. Selain itu, ESP32 menampilkan hasil pemrosesan ke perangkat keluaran lokal serta mengirimkan data deteksi ke server cloud melalui koneksi Wi-Fi sebagai bagian dari arsitektur IoT. Dengan kemampuan tersebut, ESP32 berperan sebagai komponen utama sistem karena mampu memproses data sensor sekaligus mendistribusikan informasi secara real-time ke aplikasi mobile.

3. Blok Output

Blok output merupakan bagian sistem yang bertugas menyajikan hasil pengolahan data sekaligus menyampaikan peringatan kepada pengguna. Pada sistem ini, blok output terdiri atas beberapa komponen utama sebagai berikut:

1. LCD Display

LCD berfungsi sebagai media tampilan lokal yang menyajikan informasi seperti status sistem, nilai getaran yang terdeteksi, serta kondisi peringatan (normal atau gempa). Kehadiran LCD memungkinkan pengguna di sekitar perangkat memperoleh informasi secara langsung tanpa bergantung pada aplikasi mobile.

2. Server Cloud IoT

Server cloud berperan sebagai sarana penyimpanan sekaligus distribusi data getaran yang dikirimkan oleh ESP32. Data yang tersimpan pada cloud dapat diakses secara real-time oleh aplikasi mobile dan dimanfaatkan sebagai dasar pengiriman notifikasi peringatan dini.

3. Aplikasi Mobile Monitoring

Aplikasi mobile berfungsi sebagai antarmuka pengguna jarak jauh yang menampilkan data getaran secara real-time, status operasional sistem, serta notifikasi peringatan dini ketika terdeteksi getaran melebihi ambang batas. Melalui aplikasi ini, pengguna dapat memantau kondisi sistem kapan saja dan dari lokasi mana pun.

3.9 Prinsip Kerja Pendeteksi Getaran Gempa Bumi

3.9.1 Deteksi Getaran Berdasarkan Percepatan Tanah

Menurut (Akram et al. 2025), gempa bumi menghasilkan gelombang seismik yang memicu percepatan tanah dalam berbagai arah. Percepatan tersebut dapat direkam melalui sensor berbasis Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS) seperti MPU6050, yang mampu mendeteksi fluktuasi percepatan pada sumbu X, Y,

dan Z. Fluktuasi nilai percepatan ini berfungsi sebagai indikator utama aktivitas seismik di suatu lokasi.

Penelitian yang dilakukan oleh (Duggal et al. 2022) menegaskan bahwa analisis percepatan tanah merupakan pendekatan yang efektif untuk membedakan getaran seismik dari getaran non-berbahaya, seperti aktivitas manusia atau lalu lintas kendaraan. Oleh karena itu, pengukuran percepatan secara berkelanjutan menjadi fondasi dalam sistem deteksi getaran gempa bumi berbasis Internet of Things (IoT).

3.9.2 Prinsip Kerja Sensor MPU6050 dalam Mendeteksi Getaran

Menurut Joy et al. (2025), mekanisme operasi sensor MPU6050 dalam sistem deteksi gempa bumi melibatkan beberapa fase utama, yaitu:

1. Mendeteksi percepatan serta fluktuasi gerak pada sumbu X, Y, dan Z yang disebabkan oleh getaran tanah,
2. Mengubah sinyal analog hasil deteksi menjadi data digital,
3. Mentransmisikan data percepatan ke mikrokontroler untuk pemrosesan selanjutnya.

Penelitian (Akram et al. 2025) menegaskan bahwa sensor MPU6050 menunjukkan sensitivitas yang memadai dalam mendeteksi getaran seismik berkisar dari skala kecil hingga sedang, sehingga memiliki potensi sebagai komponen utama dalam sistem peringatan dini gempa bumi berbasis Internet of Things (IoT) dengan biaya yang relatif terjangkau.

3.9.3 Deteksi Getaran Gempa Berdasarkan Ambang Batas (Threshold)

Menurut (Rosca dan Stancu 2024), pendeteksian gempa bumi dalam sistem Internet of Things (IoT) tidak semata-mata bergantung pada pembacaan sensor, melainkan juga pada proses perbandingan nilai percepatan dengan ambang batas yang telah ditentukan. Ambang batas tersebut dimanfaatkan untuk mengkategorikan apakah getaran yang terdeteksi merupakan getaran biasa atau indikasi gempa bumi.

Penelitian yang dilakukan oleh (Audia et al. 2025) menegaskan bahwa sistem peringatan dini gempa bumi yang efektif harus memiliki ambang batas yang terdefinisi dengan jelas agar sistem dapat secara otomatis mengeluarkan peringatan ketika nilai percepatan melampaui batas normal. Apabila nilai getaran berada di bawah ambang batas, sistem akan mengkategorikan kondisi sebagai aman, sedangkan jika nilai tersebut melebihi ambang batas, sistem akan mengidentifikasi kondisi tersebut sebagai getaran seismik dan mengaktifkan mekanisme peringatan dini melalui aplikasi seluler.

3.9.4 Pemantauan dan Peringatan Dini Berbasis IoT

Menurut (Rosca dan Stancu 2024), penerapan teknologi Internet of Things (IoT) memfasilitasi transmisi data getaran yang diperoleh dari sensor MPU6050 secara real-time melalui jaringan internet ke server atau aplikasi pengguna. Data tersebut kemudian divisualisasikan pada aplikasi seluler sebagai sarana pemantauan dan peringatan dini.

Penelitian yang dilakukan oleh (Audia et al. 2025) menunjukkan bahwa pemanfaatan aplikasi seluler sebagai sarana pemantauan real-time dapat meningkatkan kesiapsiagaan pengguna terhadap risiko gempa bumi, sebab

informasi mengenai getaran dan notifikasi peringatan dapat diterima dengan cepat serta mudah diakses.

3.10 Jadwal Penelitian

Tabel 3.10 Jadwal Penelitian

Kegiatan	Waktu Kegiatan																							
	Nov 2025				Des 2025				Jan 2026				Feb 2026				Mar 2026				Apr 2026			
	1	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
Pengajuan judul																								
Penyusunan proposal																								
Perakitan alat																								
Pengujian sistem																								

Jadwal penelitian disusun untuk memantau waktu pelaksanaan setiap tahapan kegiatan penyusunan skripsi, yang mencakup penentuan tanggal, bulan, dan tahun pada masing-masing proses. Jadwal ini diperbarui secara berkala sesuai perkembangan setiap tahap penelitian hingga pelaksanaan ujian skripsi.

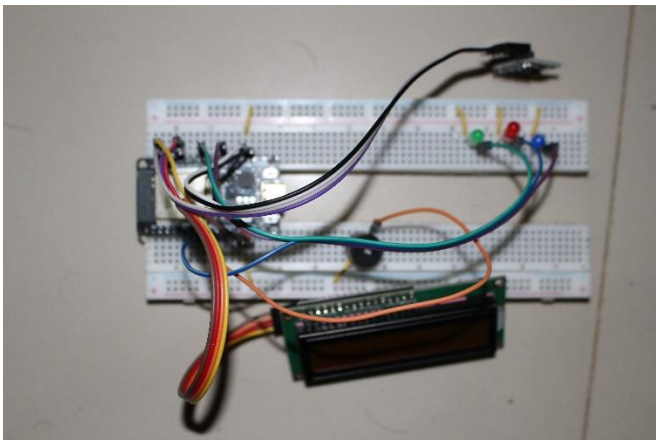
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Implementasi Sistem

Pada tahap ini telah dilakukan implementasi sistem pendeteksi getaran gempa berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan memanfaatkan sensor MPU6050. Sistem yang dikembangkan terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu sensor MPU6050 sebagai pendeteksi getaran, mikrokontroler ESP32 sebagai pengolah data, serta aplikasi mobile sebagai media pemantauan secara *real-time*.

Sistem ini dirancang untuk mendeteksi getaran berdasarkan nilai percepatan pada tiga sumbu (X, Y, dan Z), kemudian mengolah data tersebut dan mengirimkannya ke server IoT. Data yang telah dikirim selanjutnya ditampilkan pada aplikasi mobile serta digunakan untuk menghasilkan notifikasi apabila nilai getaran melebihi ambang batas yang telah ditentukan.



Gambar 4.1 Prototype Sistem Keseluruhan

Penjelasan: Gambar 4.1 menunjukkan hasil implementasi prototipe sistem pendeteksi getaran gempa yang telah dirancang. Pada gambar tersebut terlihat komponen utama yang digunakan, yaitu ESP32 sebagai pengendali, sensor MPU6050 sebagai pendeteksi getaran, LCD sebagai media tampilan lokal, serta rangkaian pendukung lainnya. Seluruh komponen telah terintegrasi dan sistem mampu beroperasi secara *real-time* dalam mendeteksi serta menampilkan data getaran.

4.2 Hasil Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras dilakukan dengan menghubungkan sensor MPU6050 ke mikrokontroler ESP32 melalui antarmuka komunikasi I2C. Selain itu, ditambahkan komponen keluaran seperti LCD dan buzzer yang berfungsi untuk menyampaikan informasi secara langsung kepada pengguna.



Gambar 4.2 Rangkaian Sensor MPU6050 dengan ESP32

Penjelasan: Gambar 4.2 memperlihatkan koneksi antara sensor MPU6050 dan mikrokontroler ESP32 yang dihubungkan melalui pin VCC, GND, SDA, dan SCL.

Dalam sistem ini, ESP32 berperan sebagai pengolah data yang menerima input dari sensor, kemudian memproses serta mengirimkannya ke server IoT. Rangkaian tersebut merupakan komponen penting karena berfungsi sebagai jalur utama dalam proses akuisisi data getaran.

4.3 Hasil Implenentasi Perangkat Lunak

4.3.1 Program ESP32

Program pada ESP32 dikembangkan menggunakan Arduino IDE yang berfungsi untuk membaca data dari sensor MPU6050, mengolah data tersebut, serta mengirimkannya ke server IoT.

```
#include <Wire.h>
#include <MPU6050.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <ArduinoJson.h>

// ---------- WiFi CREDENTIALS ----------
const char* WIFI_SSID     = "ZAKY";
const char* WIFI_PASSWORD = "daffa2008";
const char* SERVER_URL    = "http://192.168.100.69:3000/api/gempa";

// ---------- PIN ----------
#define LED_RED    25
#define LED_BLUE    4
#define LED_GREEN   5
#define BUZZER     26

// ---------- THRESHOLD JERK (m/s³) ----------
// Jerk = perubahan akselerasi per detik
// Tune nilai ini lewat Serial Monitor sambil goyang meja!
#define THRESHOLD_NORMAL  10.0    // getaran ringan   → LED Hijau
#define THRESHOLD_SEDANG  18.0    // getaran sedang   → LED Biru
#define THRESHOLD_TINGGI  28.0   // getaran keras    → LED Merah

// ---------- SAMPLING ----------
// Sensor dibaca cepat (50ms) untuk hitung jerk,
// tapi keputusan status + buzzer + LCD tiap 3 detik
#define SAMPLE_INTERVAL   50     // ms — baca sensor tiap 50ms
#define REPORT_INTERVAL   3000   // ms — update status/LCD/buzzer/kirim

// ---------- OBJEK ----------
MPU6050 mpu;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

// ---------- VARIABEL ----------
int16_t ax, ay, az, gx, gy, gz;
float baseline_x, baseline_y, baseline_z;

// Simpan nilai accel sebelumnya untuk hitung jerk
float prev_x = 0, prev_y = 0, prev_z = 0;
unsigned long prevSampleTime = 0;
```

Gambar 4.3.1 Tampilan Program

Penjelasan: Gambar 4.3.1 menampilkan program yang dijalankan pada ESP32. Program tersebut mencakup instruksi untuk membaca data percepatan dari sensor MPU6050, melakukan proses pengolahan data, serta membandingkan nilai getaran dengan ambang batas (*threshold*) yang telah ditentukan. Selain itu, program juga mengatur koneksi Wi-Fi dan proses pengiriman data ke server IoT.

4.3.2. Aplikasi Mobile

Aplikasi mobile digunakan sebagai media untuk memantau kondisi getaran secara real-time serta menerima notifikasi peringatan dini.



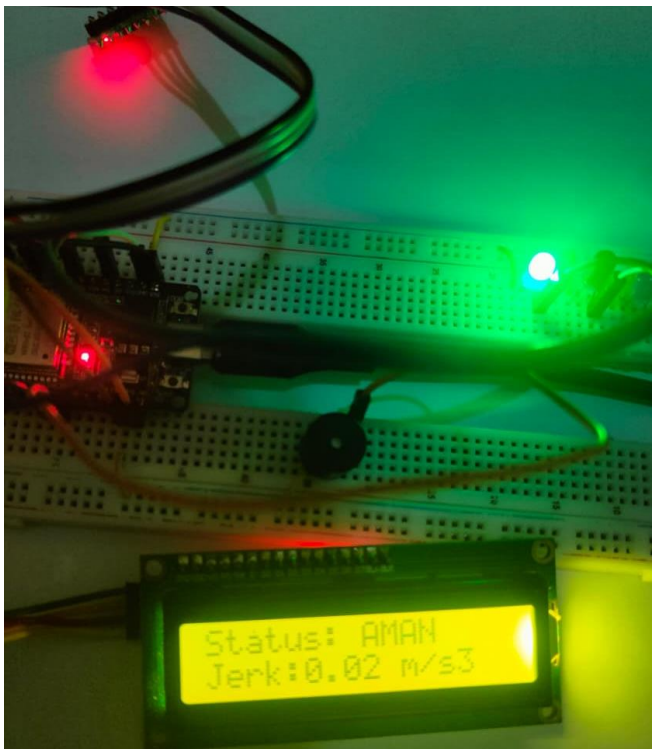
Gambar 4.3.2 Tampilan Aplikasi Mobile

Penjelasan : Gambar 4.3.2 memperlihatkan antarmuka aplikasi mobile yang digunakan untuk proses pemantauan. Aplikasi tersebut menampilkan nilai getaran serta status kondisi, baik normal maupun gempa. Selain itu, aplikasi juga mampu menerima notifikasi secara otomatis ketika sistem mendeteksi nilai getaran yang melebihi ambang batas yang telah ditentukan.

4.4 Hasil Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja alat dalam mendeteksi getaran serta mengirimkan data secara real-time.

4.4.1 Pengujian Sensor MPU6050



Gambar 4.4.1Pengujian Sensor

Penjelasan: Gambar 4.4.1 memperlihatkan proses pengujian sensor MPU6050 yang dilakukan dengan memberikan variasi getaran pada perangkat untuk mengamati respons sensor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi perubahan percepatan secara baik dan sesuai dengan tingkat intensitas getaran yang diberikan.

4.4.2 Pengujian Threshold

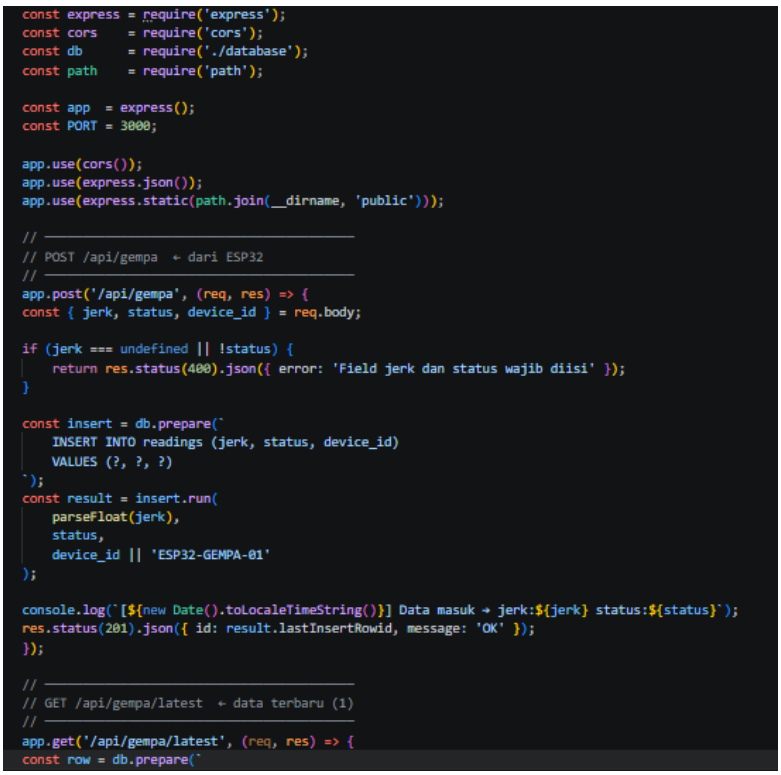
Tabel 4.4.2 Hasil Pengujian Threshold

No	Kondisi	Nilai Getaran	Status
1	Diam	0.07	Aman
2	Getaran Kecil	10,94	Normal
3	Getaran Sedang	21,68	Waspada
4	Getaran Kuat	31,28	Gempa

No	Kondisi	Nilai Getaran	Status
1	Diam		Aman
2	Getaran Kecil		Normal
3	Getaran Sedang		Waspada
4	Getaran Kuat		Gempa

Gambar 4.4.2 Tampilan Status pada LCD

4.4.3 Pengujian IoT



```
const express = require('express');
const cors    = require('cors');
const db      = require('./database');
const path    = require('path');

const app  = express();
const PORT = 3000;

app.use(cors());
app.use(express.json());
app.use(express.static(path.join(__dirname, 'public')));

// ─────────────────────────────────────────
// POST /api/gempa  ← dari ESP32
// ─────────────────────────────────────────
app.post('/api/gempa', (req, res) => {
const { jerk, status, device_id } = req.body;

if (jerk === undefined || !status) {
    return res.status(400).json({ error: 'Field jerk dan status wajib diisi' });
}

const insert = db.prepare(`
    INSERT INTO readings (jerk, status, device_id)
    VALUES (?, ?, ?)
`);
const result = insert.run(
    parseFloat(jerk),
    status,
    device_id || 'ESP32-GEMPA-01'
);

console.log(`[${new Date().toLocaleTimeString()}] Data masuk → jerk:${jerk} status:${status}`);
res.status(201).json({ id: result.lastInsertRowid, message: 'OK' });
});

// ─────────────────────────────────────────
// GET /api/gempa/latest  ← data terbaru (1)
// ─────────────────────────────────────────
app.get('/api/gempa/latest', (req, res) => {
const row = db.prepare(`
```

Gambar 4.4.3 Data pada Server IoT

Penjelasan : Gambar 4.4.3 menampilkan data yang berhasil dikirimkan ke server IoT, yang mencakup nilai getaran serta status sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses pengiriman dan penerimaan data dapat berlangsung secara *real-time* tanpa mengalami keterlambatan yang signifikan.

4.5 Analisis Hasil

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem menunjukkan kinerja yang baik dalam mendeteksi getaran serta memberikan peringatan dini. Sensor MPU6050 mampu mengidentifikasi perubahan percepatan secara akurat, sementara ESP32 dapat memproses dan mengirimkan data ke server IoT dengan

baik. Selain itu, sistem mampu menampilkan data secara *real-time* pada aplikasi mobile serta memberikan notifikasi secara cepat ketika terdeteksi getaran yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem telah beroperasi sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan.

4.6 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi antara sensor MPU6050, mikrokontroler ESP32, dan teknologi *Internet of Things* (IoT) dapat dimanfaatkan untuk membangun sistem pendeteksi getaran gempa secara *real-time*. Metode ambang batas (*threshold*) yang diterapkan terbukti efektif dalam membedakan kondisi normal dan kondisi gempa. Selain itu, pemanfaatan aplikasi mobile sebagai media pemantauan memberikan kemudahan bagi pengguna dalam mengakses informasi kondisi lingkungan secara jarak jauh. Sistem yang dikembangkan juga memiliki keunggulan dari segi biaya yang relatif rendah serta kemudahan dalam proses implementasinya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem pendeteksi getaran gempa berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan sensor MPU6050, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pendeteksi getaran gempa berbasis IoT berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan sensor MPU6050, mikrokontroler ESP32, serta aplikasi mobile sebagai media monitoring.
2. Sensor MPU6050 mampu mendeteksi perubahan nilai percepatan pada sumbu X, Y, dan Z dengan cukup baik, sehingga dapat digunakan untuk mendeteksi getaran.
3. Metode threshold yang digunakan dalam sistem terbukti efektif untuk membedakan kondisi normal dan kondisi gempa berdasarkan nilai getaran yang terdeteksi.
4. ESP32 mampu mengolah data sensor dan mengirimkannya ke server IoT secara real-time melalui jaringan internet.
5. Aplikasi mobile yang dikembangkan mampu menampilkan data getaran secara real-time serta memberikan notifikasi peringatan dini ketika terjadi getaran yang melebihi ambang batas.

6. Sistem secara keseluruhan dapat bekerja dengan baik sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu sebagai alat pendeteksi getaran gempa sederhana berbasis IoT.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan sistem ke depannya, yaitu:

1. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan sensor lain (multi-sensor) untuk meningkatkan akurasi dalam mendeteksi getaran gempa.
2. Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut menggunakan data gempa nyata agar hasil yang diperoleh lebih akurat dan dapat digunakan dalam kondisi sebenarnya.
3. Dapat ditambahkan algoritma filtering atau metode kecerdasan buatan (Artificial Intelligence) untuk meningkatkan kemampuan sistem dalam membedakan jenis getaran.
4. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur penyimpanan data (database) sehingga pengguna dapat melihat riwayat getaran.
5. Perlu peningkatan pada sisi aplikasi mobile agar tampilan lebih interaktif dan user-friendly.
6. Sistem dapat diintegrasikan dengan sistem peringatan dini resmi agar dapat digunakan dalam skala yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

Achmad, R. (2023). Evaluasi kebijakan penanggulangan bencana gempa bumi di Indonesia. *Jurnal Kebijakan Publik*, 14(1), 45–56.

Akram, M., Setiawan, A., Pramudya, Y., & Nugroho, S. (2025). Evaluation of MEMS-based MPU6050 accelerograph response on Indonesian community accelerograph (ARI Type I). *Journal of Seismology and Earthquake Engineering*, 27(1), 1–12.

Audia, F., Prasetyo, D., & Lestari, N. (2025). Perancangan sistem peringatan dini gempa berbasis IoT menggunakan sensor MPU6050 dan aplikasi smartphone. *Jurnal Informatika dan Sistem Cerdas*, 4(1), 22–30.

Audia, W., Yulkifli, & Yohandri. (2025). Earthquake early warning system using MPU6050. *Journal of the Physical Society of Indonesia.*

Baharuddin, A., Sitopu, R., & Safarudin, M. (2024). Konsep dan penerapan Internet of Things (IoT) dalam kehidupan sehari-hari di Indonesia. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 12(2), 101–110.

Colombelli, S., Carotenuto, F., & Elia, L. (2020). Design and implementation of a smartphone-based earthquake early warning application. *Seismological Research Letters*, 91(3), 1604–1613. https://doi.org/10.1785/0220190256

Design of Earthquake Detection System Using MPU6050. (2024). *Journal ELPER-Tech.*

Duggal, A., Singh, R., & Verma, P. (2022). IoT-based structural vibration analysis using MPU6050 sensor for earthquake detection. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 11(6), 850–857.

Javed, A. (2021). *Building Arduino-based projects for IoT applications*. Springer.

Joy, S., Thomas, R., & Mathew, J. (2025). Threshold-based earthquake detection system using MPU6050 sensor. *International Journal of Embedded Systems*, 9(1), 41–49.

Judijanto, L., & Triwiyatno, A. (2024). Pengaruh Internet of Things terhadap efisiensi operasional industri teknologi informasi. *Jurnal Sistem Informasi*, 16(2), 88–97.

Kurnio, H., Sulistyo, D., & Wijaya, A. (2021). Resilience learning dan pengetahuan lokal dalam mitigasi risiko gempa bumi di Indonesia. *Jurnal Kebencanaan Indonesia*, 7(2), 99–110.

Nandalal, S., & Anand Kumar, V. (2021). Real-time IoT systems: Concepts and applications. *International Journal of Engineering Research*, 10(4), 211–218.

Paudel, S., & Neupane, B. (2020). Architecture of real-time monitoring systems based on Internet of Things. *International Journal of Computer Networks and Communications*, 12(2), 1–14.

Rahmat, D., & Hidayat, A. (2023). Implementasi breadboard pada sistem prototipe IoT berbasis ESP32 dan sensor MPU6050. *Jurnal Rekayasa Elektronika*, 11(2), 73–81.

Rosca, A., & Stancu, C. (2024). Cloud-based IoT infrastructure for real-time earthquake warning systems. *Sensors*, 24(6), 1987. https://doi.org/10.3390/s24061987

Rudyanto, A., Wijaya, D., & Widiyantoro, S. (2024). Performance evaluation of Indonesia earthquake early warning system in West Java. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 114(1), 321–334.

Sari, I. P., Novita, A., Al-Khowarizmi, Ramadhani, F., & Satria, A. (2024). *Pemanfaatan Internet of Things (IoT) pada bidang pertanian menggunakan Arduino Uno R3*. Blend Sains Jurnal Teknik**,** **2**(4). https://doi.org/10.56211/blendsains.v2i4.505

Zambrano, J., Perez, J., Palau, C., & Esteve, M. (2020). IoT-based earthquake early warning system using smartphones. *Sensors*, 20(7), 1831. https://doi.org/10.3390/s20071831