

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Studi Literatur**

Penelitian tentang sistem deteksi gempa berbasis Internet of Things (IoT) telah banyak dilakukan sebagai alternatif dari sistem pemantauan konvensional yang masih bergantung pada perangkat mahal dan jaringan terbatas. Sistem-sistem ini menggabungkan sensor getaran dengan mikrokontroler serta media notifikasi berbasis internet untuk memberikan peringatan secara real-time dan responsif.

Rini Pratiwi et al.(2024) mengembangkan sistem pendeteksi gempa berbasis IoT yang menggunakan sensor SW-420 dan mikrokontroler ESP32. Sistem ini dilengkapi dengan buzzer dan LED sebagai indikator lokal serta terintegrasi dengan aplikasi Telegram untuk mengirimkan peringatan secara otomatis. Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan IoT memungkinkan deteksi gempa dilakukan dengan biaya rendah namun tetap efektif untuk skala ringan hingga sedang.

Penelitian Fitri Fatimah et al. (2025) menambahkan pendekatan pemrosesan sinyal digital dalam sistem monitoring gempa. Sistem ini mampu membedakan antara getaran normal dan getaran yang berpotensi sebagai aktivitas seismik. Sensor gerak digunakan untuk mengumpulkan data dari beberapa lokasi yang kemudian dikirim ke server pusat melalui jaringan internet. Notifikasi dikirimkan kepada pengguna segera setelah terdeteksi aktivitas mencurigakan, memperlihatkan efektivitas sistem dalam memberikan respons awal terhadap gempa bumi

Nada Rona Atika Nasution dan rekan-rekannya (2022) merancang sistem pendeteksi gempa yang menggunakan sensor accelerometer ADXL335 dan Arduino Nano. Sistem ini dilengkapi dengan LCD untuk menampilkan status gempa dan buzzer sebagai alarm. Informasi juga dikirimkan ke smartphone pengguna melalui aplikasi Blynk secara real-time. Penelitian ini menunjukkan bagaimana sistem sederhana sekalipun dapat memberikan

kontribusi nyata dalam upaya mitigasi bencana melalui notifikasi awal yang cepat dan akurat

Dalam pendekatan yang lebih canggih, Ariman et al. (2025) menggabungkan sensor gyroscope dan accelerometer dalam sistem pendeteksi gempa yang terhubung dengan platform ThingSpeak dan WhatsApp. Sistem ini mampu memvisualisasikan data getaran secara real-time dan memberikan notifikasi langsung kepada petugas mitigasi. Penelitian ini menekankan pentingnya integrasi antara data seismik, visualisasi, serta pengiriman notifikasi cerdas yang cepat untuk meningkatkan efektivitas respons terhadap bencana gempa bumi

Adi Kurniawan dan tim (2020) menyumbangkan pendekatan unik dengan menambahkan modul GPS dalam sistem deteksi gempa. Menggunakan Arduino Mega 2560 dan sensor SW-420, sistem ini tidak hanya mendeteksi getaran gempa tetapi juga mengirimkan informasi lokasi gempa melalui SMS. Inovasi ini penting untuk daerah-daerah yang tidak memiliki akses internet yang stabil, karena tetap memungkinkan notifikasi dikirim secara offline melalui jaringan GSM

Dalam konteks sistem kategorisasi tingkat gempa, Nora Simah Bengi et al. (2024) mengembangkan sistem deteksi gempa dengan sensor piezoelektrik yang mampu membedakan intensitas gempa menjadi tiga tingkat: Siaga, Waspada, dan Darurat. Sistem ini juga menampilkan informasi pada LCD dan mengirimkan notifikasi melalui Telegram. Penelitian ini memberikan dasar penting bagi sistem deteksi gempa yang mengutamakan pengklasifikasian dampak sehingga pengguna dapat mengambil keputusan lebih cepat dan tepat berdasarkan level peringatan yang diterima

Berdasarkan studi-studi tersebut, dapat disimpulkan bahwa penerapan IoT dalam sistem deteksi gempa memberikan fleksibilitas tinggi dalam integrasi perangkat keras dan lunak, memungkinkan pemantauan gempa secara desentralisasi, serta memberikan respons cepat kepada pengguna. Penelitian ini akan mengadaptasi prinsip-prinsip tersebut dengan menambahkan elemen miniatur bangunan dan simulasi gempa ringan sebagai media

pengujian fisik, yang bertujuan untuk mengukur sensitivitas sensor serta efektivitas sistem dalam kondisi nyata skala kecil.

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Gempa Bumi**

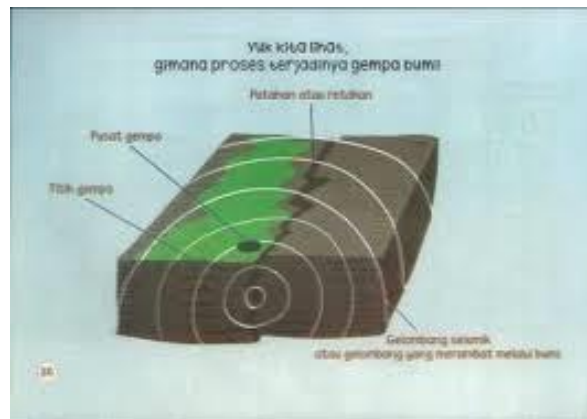
Gempa bumi merupakan peristiwa bergetarnya permukaan bumi yang disebabkan oleh pelepasan energi dari dalam litosfer secara tiba-tiba. Energi yang dilepaskan tersebut menimbulkan gelombang seismik yang merambat ke segala arah dan dapat dirasakan di permukaan. Menurut (Wahyu Pratama et al. 2024), gempa bumi umumnya terjadi akibat pergeseran lempeng tektonik, aktivitas gunung berapi, atau runtuh batuan besar di bawah tanah.

Dalam bidang seismologi, gempa diukur menggunakan dua parameter utama, yaitu magnitudo dan intensitas. Magnitudo mengukur energi yang dilepaskan dari sumber gempa, sedangkan intensitas mengukur tingkat guncangan atau dampak yang dirasakan di permukaan. Skala magnitudo yang umum digunakan adalah Skala Richter (SR), sementara intensitas umumnya diukur dengan Modified Mercalli Intensity (MMI). Menurut Pratama dkk. (2024), kedua skala ini memiliki peran penting dalam mengkarakterisasi kekuatan gempa, meskipun mengukur aspek yang berbeda dari fenomena kegempaan di bawah tanah.

Lebih lanjut, penelitian Muzli (2023) menekankan pentingnya edukasi masyarakat mengenai karakteristik gempa bumi dan skala pengukurannya. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman dalam upaya mitigasi bencana, terutama pada wilayah rawan gempa di Indonesia

Dengan demikian, dasar teori gempa bumi menegaskan bahwa gempa merupakan fenomena alam yang kompleks, dipengaruhi oleh berbagai faktor geologi, serta membutuhkan instrumen ilmiah khusus (seismograf) untuk mengukurnya secara akurat. Namun, dalam lingkup penelitian sederhana atau berbasis simulasi, pengukuran dapat menggunakan sensor

percepatan dan getaran sebagai alternatif untuk menggambarkan indikasi adanya guncangan skala ringan

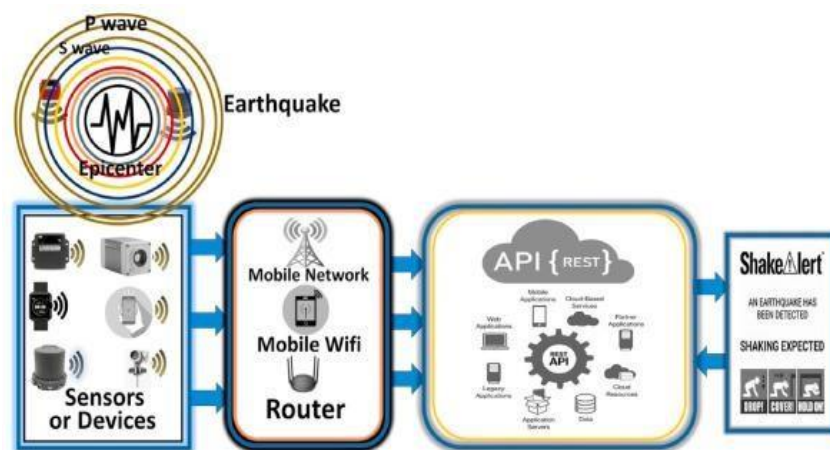


**Gambar 2. 1 Penyebab Gempa Bumi (Rahiem and Widiastuti 2020)**

### **2.2.2 Internet of Things (IoT)**

Internet of Things merupakan konsep yang menghubungkan perangkat elektronik ke dalam jaringan internet untuk saling bertukar data dan melakukan otomasi. Dalam konteks deteksi gempa, IoT memungkinkan sensor mendeteksi getaran secara real-time dan mengirimkan peringatan dini kepada pengguna melalui media digital seperti aplikasi Android atau layanan cloud seperti Firebase dan ThingSpeak. (Rini Pratiwi Lalu Delsi Samsumar Zaenudin Ardiyallah Akbar 2024) (Tritunggal, Pradana, and Pradani 2023). Internet of Things (IoT) merupakan sebuah konsep teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat elektronik saling terhubung melalui jaringan internet untuk bertukar data, melakukan monitoring, dan menjalankan proses otomasi tanpa interaksi langsung dari manusia. Dalam konteks sistem deteksi gempa, penerapan IoT memberikan keunggulan dalam hal kecepatan dan keakuratan respon terhadap kejadian seismik. Sensor getaran yang terhubung melalui jaringan IoT dapat mendeteksi aktivitas *seismik* secara real-time dan langsung mengirimkan data tersebut ke platform digital seperti Firebase, yang selanjutnya dapat menginformasikan pengguna melalui aplikasi Android atau sistem

peringatan lainnya. Integrasi ini memungkinkan penyampaian informasi secara cepat dan luas, sehingga masyarakat dapat menerima peringatan dini sebelum dampak gempa terasa secara signifikan. Dengan demikian, IoT tidak hanya berperan dalam pengumpulan data, tetapi juga dalam mendukung sistem mitigasi bencana berbasis teknologi yang responsif dan terjangkau.



**Gambar 2. 2 IoT dalam pendeteksi gempa (Pwavodi et al. 2024)**

### 2.2.3 Skala Gempa

Gempa bumi diukur berdasarkan dua parameter utama, yaitu magnitudo dan intensitas. Magnitudo menggambarkan energi total yang dilepaskan pada sumber gempa, sedangkan intensitas menunjukkan dampak getaran yang dirasakan di permukaan bumi. Di Indonesia, intensitas gempa diukur menggunakan Skala Intensitas Gempabumi (SIG-BMKG) yang dikembangkan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) sebagai penyederhanaan dari Modified Mercalli Intensity (MMI). SIG-BMKG membagi intensitas gempa menjadi lima tingkat (I–V), dengan korelasi terhadap percepatan tanah puncak atau Peak Ground Acceleration (PGA). PGA sendiri merupakan parameter yang menunjukkan percepatan maksimum tanah akibat gempa dalam satuan gal ( $1 \text{ gal} = 1 \text{ cm/s}^2$ ).

Skala SIG BMKG	Warna	Deskripsi Sederhana	Deskripsi Rinci	Skala MMI	PGA (gal)
I	Putih	TIDAK DIRASAKAN (Not Felt)	Tidak dirasakan atau dirasakan hanya oleh beberapa orang tetapi terekam oleh alat.	I-II	< 2.9
II	Hijau	DIRASAKAN (Felt)	Dirasakan oleh orang banyak tetapi tidak menimbulkan kerusakan. Benda-benda ringan yang digantung bergoyang dan jendela kaca bergetar.	III-V	2.9-88
III	Kuning	KERUSAKAN RINGAN (Slight Damage)	Bagian non struktur bangunan mengalami kerusakan ringan, seperti retak rambut pada dinding, atap bergeser ke bawah dan sebagian berjatuhan.	VI	89-167
IV	Jingga	KERUSAKAN SEDANG (Moderate Damage)	Banyak Retakan terjadi pada dinding bangunan sederhana, sebagian roboh, kaca pecah. Sebagian plester dinding lepas. Hampir sebagian besar atap bergeser ke bawah atau jatuh. Struktur bangunan mengalami kerusakan ringan sampai sedang.	VII-VIII	168-564
V	Merah	KERUSAKAN BERAT (Heavy Damage)	Sebagian besar dinding bangunan permanen roboh. Struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Rel kereta api melengkung.	IX-XII	> 564

**Gambar 2. 3 Skala Intensitas Gempa (kalbar.bmkg.go.id)**

PGA umumnya dinyatakan dalam satuan percepatan gravitasi (g), di mana  $1\text{ g} \approx 9,81\text{ m/s}^2 = 981\text{ gal}$ . Konversi PGA ke satuan g dituliskan dengan rumus berikut:

$$\text{Percepatan gravitasi (g)} = \sqrt{X Y Z}$$

Dengan adanya konversi ini, sistem berbasis sensor percepatan seperti MPU6050 dapat digunakan untuk mengukur nilai getaran dalam satuan g, yang kemudian dipetakan ke dalam kategori intensitas tertentu.

### 2.2.3.1 Skala Magnitudo

Skala Magnitudo pertama kali diperkenalkan oleh Hanks dan Kanamori (1979) sebagai bentuk penyempurnaan terhadap skala Richter. Skala ini dinilai lebih representatif dalam menggambarkan kekuatan gempa, khususnya pada kejadian gempa dengan magnitudo besar. Perhitungan skala Magnitudo didasarkan pada rekaman gelombang seismik dengan rentang frekuensi broad-band 0,002–100 Hz, sehingga memberikan hasil yang lebih reliabel dibandingkan skala Richter. Sejak tahun 2008, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) secara resmi menggunakan skala Magnitudo dalam pengukuran gempa bumi di Indonesia.

Menurut United States Geological Survey (USGS, 2023), klasifikasi gempa berdasarkan skala magnitudo dapat dijelaskan sebagai berikut:

- $< 0.17$  g : Umumnya tidak terasa oleh manusia, hanya tercatat oleh seismograf.
- $0.17 - 1.4$  g : Biasanya terasa, tetapi jarang menimbulkan kerusakan.
- $1.4 - 3.9$  g : Dapat dirasakan oleh masyarakat luas, berpotensi menyebabkan getaran ringan.
- $3.9 - 9.2$  g : Dapat menimbulkan kerusakan ringan pada bangunan dengan konstruksi lemah.
- $9.2 - 18$  g : Dapat mengakibatkan kerusakan parah pada wilayah padat penduduk dalam radius tertentu.
- $34 - 65$  g : Digolongkan sebagai gempa besar, berpotensi menimbulkan kerusakan serius pada area yang luas.
- $\geq 65 - 124$  g : Digolongkan sebagai gempa sangat besar (mega earthquake), dapat menyebabkan kerusakan katastrofik pada area yang sangat luas.

PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC. (%g)	<b>&lt;.17</b>	<b>.17-1.4</b>	<b>1.4-3.9</b>	<b>3.9-9.2</b>	<b>9.2-18</b>	18-34	34-65	65-124	>124
PEAK VEL. (cm/s)	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	8.1-16	<b>16-31</b>	<b>31-60</b>	<b>60-116</b>	<b>&gt;116</b>
INSTRUMENTAL INTENSITY	<b>I</b>	<b>II-III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>	<b>IX</b>	<b>X+</b>

Gambar 2. 4 Earthquake Magnitude, and Shaking Intensity (USGS.GOV)

Dengan adanya klasifikasi tersebut, skala magnitudo tidak hanya memberikan ukuran kuantitatif energi yang dilepaskan gempa, tetapi juga menjadi acuan dalam menentukan potensi dampak yang ditimbulkan pada wilayah terdampak.

### 2.2.3.2 Klasifikasi Status Deteksi Getaran

Untuk keperluan sistem deteksi dini, penelitian ini mengelompokkan hasil pembacaan sensor ke dalam tiga kategori status: Aman, Siaga, dan Bahaya. Klasifikasi ini mengacu pada ambang batas PGA yang ditetapkan BMKG (2020) serta penelitian Fatimah et al. (2025), yang menekankan pentingnya membedakan getaran sangat kecil (microseismic) dengan getaran yang berpotensi menimbulkan kerusakan.

**Tabel 2. 1 Klasifikasi Status Getaran Berdasarkan Nilai Percepatan**

Status	Rentang Percepatan	Rentang PGA	Deskripsi
Aman	< 1.2 g	< 2.9	Getaran sangat kecil, umumnya tidak dirasakan, tidak menimbulkan dampak.
Siaga	1.2 g-1.5 g	2.9 – 88	Getaran ringan, dapat dirasakan manusia, belum menimbulkan kerusakan.
Bahaya	$\geq 1.5$ g	$\geq 89$	Getaran cukup kuat, berpotensi menimbulkan kerusakan ringan pada



			bangunan sederhana.
--	--	--	---------------------

#### **2.2.4 Sensor Accelerometer (MPU6050)**

Sensor accelerometer merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur percepatan linier suatu benda terhadap tiga sumbu (x, y, dan z). Percepatan ini didefinisikan sebagai perubahan kecepatan terhadap waktu, sehingga data dari accelerometer dapat memberikan informasi mengenai gerakan, orientasi, dan bahkan getaran suatu objek. Pada penelitian yang berkaitan dengan gempa, accelerometer banyak digunakan karena mampu mendeteksi perubahan percepatan yang timbul akibat guncangan tanah, meskipun dalam skala terbatas.

Salah satu jenis accelerometer yang banyak digunakan adalah MPU6050, sebuah sensor dengan enam derajat kebebasan (6-DOF) yang menggabungkan 3-axis accelerometer dan 3-axis gyroscope dalam satu chip. Accelerometer pada MPU6050 berfungsi untuk mengukur percepatan linier, sedangkan gyroscope digunakan untuk mengukur kecepatan sudut atau rotasi. Kombinasi keduanya memungkinkan perangkat untuk mendeteksi arah, kemiringan, serta intensitas getaran dengan lebih baik. Selain itu, sensor ini dilengkapi dengan Digital Motion Processor (DMP) yang dapat mengolah data mentah dari akselerometer dan gyroscope menjadi data yang lebih stabil dan mengurangi error pembacaan.

#### **2.2.5 Sensor Getar SW-420**

Sensor SW-420 merupakan modul sensor getaran berbasis elemen piezoelektrik yang bekerja dengan prinsip mendeteksi adanya guncangan mekanis. Sensor ini dilengkapi dengan pegas dan bola logam kecil yang akan menutup rangkaian ketika terjadi getaran di atas ambang tertentu. Keluaran sensor dapat berupa sinyal digital (HIGH/LOW) yang menandakan ada atau tidak adanya getaran. Karena sifatnya yang sederhana

dan murah, SW-420 banyak digunakan pada sistem alarm gempa, pendeteksi getaran mesin, dan sistem keamanan.

Dalam implementasi tertentu, SW-420 sering diposisikan sebagai lapisan awal deteksi untuk mengidentifikasi keberadaan getaran. Selanjutnya, data tersebut dapat dipadukan dengan sensor lain yang lebih presisi, misalnya accelerometer, guna memperoleh informasi kuantitatif mengenai besarnya percepatan getaran. Dengan kombinasi seperti ini, sistem deteksi menjadi lebih efisien karena adanya pemisahan fungsi antara detektor awal dan pengukur utama

## **2.3 Perangkat Keras yang Digunakan**

### **2.3.1 Mikrokontroler ESP32**

ESP32 adalah mikrokontroler yang dirancang oleh Espressif Systems, terkenal karena kemampuannya dalam menangani aplikasi Internet of Things (IoT). Modul ini memiliki prosesor dual-core Tensilica LX6 dengan kecepatan hingga 240 MHz, memori flash hingga 16 MB, serta 520 KB SRAM. ESP32 sudah dilengkapi Wi-Fi (802.11 b/g/n) dan Bluetooth v4.2 bawaan, memungkinkan konektivitas tanpa perangkat tambahan.

Dalam proyek deteksi gempa ini, ESP32 berfungsi sebagai pusat pemrosesan yang menerima data dari sensor (misalnya SW-420 atau MPU6050), memprosesnya, dan mengirimkan notifikasi melalui internet ke platform seperti Firebase atau aplikasi Android. Penggunaan ESP32 sebagai pengganti Arduino Uno atau ESP8266 didukung oleh kinerjanya yang lebih cepat, jumlah pin yang lebih banyak, dan konektivitas nirkabel ganda. (Pasha, Rahman, and Ali, n.d.)



**Gambar 2. 4 Microkontroler ESP32**

### **2.3.2 Sensor Getaran SW-420**

Sensor SW-420 merupakan sensor getaran digital yang sederhana dan ekonomis dengan spesifikasi meliputi;

Sensor ini mendeteksi adanya getaran mekanik dengan prinsip penggunaan pegas kontak dalam tabung logam. Ketika ada getaran, kontak di dalam tabung akan bergerak dan menutup rangkaian, menghasilkan sinyal digital yang kemudian dikirim ke mikrokontroler. SW-420 sangat cocok untuk mendeteksi getaran ringan dari simulasi gempa pada miniatur bangunan. (Alamsyah et al. 2023)

Spesifikasi sensor SW-420:

- Tegangan Kerja: 3.3 – 5V DC
- Output: DIGITAL (Low saat getaran, High saat stabil)
- Sensitivitas: Dapat disesuaikan
- Dimensi:  $\pm 32\text{mm} \times 14\text{mm}$



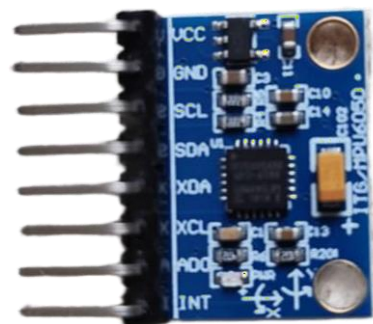
**Gambar 2. 5 Sensor SW-420**

### 2.3.3 Sensor Accelerometer MPU6050

Sensor MPU6050 merupakan modul sensor yang menggabungkan accelerometer tiga sumbu (3-axis accelerometer) dan gyroscope tiga sumbu (3-axis gyroscope) dalam satu chip terintegrasi, dan MPU6050 bekerja dengan prinsip mengukur perubahan kapasitansi akibat perpindahan massa mikro pada accelerometer, dan pengukuran efek *Coriolis* pada gyroscope. Data hasil pengukuran dari kedua sensor diolah melalui Digital Motion Processor. Dalam penelitian ini, MPU6050 digunakan untuk sensor validasi untuk mendeteksi tingkat percepatan yang terjadi pada miniatur bangunan saat simulasi dilakukan, data itu akan digunakan untuk menentukan status gempa, yang diklasifikasikan menjadi Aman, Siaga, dan Bahaya.

Spesifikasi umum MPU6050:

- Tegangan operasi: 3,3 V – 5 V
- Rentang pengukuran accelerometer:  $\pm 2g$ ,  $\pm 4g$ ,  $\pm 8g$ ,  $\pm 16g$
- Rentang pengukuran gyroscope:  $\pm 250$ ,  $\pm 500$ ,  $\pm 1000$ ,  $\pm 2000$   $^{\circ}/s$



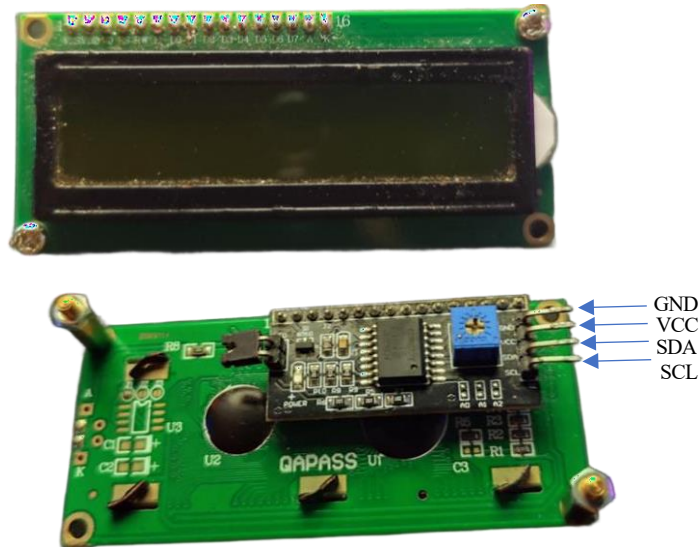
**Gambar 2. 6 Sensor MPU6050**

### 2.3.4 LCD I2C

LCD I2C adalah layar tampilan dengan dua baris teks, masing-masing 16 karakter. Modul ini dikombinasikan dengan I2C backpack untuk mengurangi jumlah pin I/O yang digunakan (dari 8 menjadi 2). Dalam penelitian ini, LCD I2C digunakan untuk menampilkan informasi status gempa yang terdeteksi oleh sistem, seperti nilai percepatan, status (*Aman*, *Siaga*, atau *Bahaya*)

Spesifikasi umum LCD I2C:

- Tegangan kerja: 5V DC
- Konsumsi arus:  $\pm 2$  mA tanpa backlight
- Jumlah karakter: 16 kolom x 2 baris
- Memiliki 4 Pin (GND, VCC, SDA, SCL)



**Gambar 2. 7 LCD I2C**

### **2.3.5 Miniatur Bangunan dengan Simulasi Gempa**

Miniatur bangunan dibuat dari bahan ringan seperti akrilik atau kayu lapis (triplex) yang dilengkapi dengan motor getar di bagian dasar sebagai alat simulasi gempa ringan. Tujuan penggunaan miniatur adalah untuk menilai kepekaan sistem terhadap getaran seismik yang disimulasikan secara fisik. Dengan variasi frekuensi dan amplitudo motor, getaran dikalibrasi menyerupai gerakan gempa ringan ( $\leq 4$  SR). Hasil uji coba digunakan untuk menilai respon sensor, waktu delay sistem, dan efektivitas notifikasi.

### **2.4 Perangkat Lunak yang Digunakan**

Perangkat lunak, atau software, merupakan kumpulan data digital yang disimpan dan diorganisasi dalam komputer dalam bentuk program atau instruksi tertentu. Program ini berfungsi untuk menjalankan berbagai perintah yang diberikan. Software juga berperan sebagai penghubung antara

pengguna (user) dan perangkat keras (hardware), dengan cara menerjemahkan instruksi dari pengguna untuk kemudian diproses oleh sistem. Keberadaan perangkat lunak inilah yang memungkinkan suatu sistem komputer dapat beroperasi sesuai perintah yang diberikan.

#### **2.4.1 Software Mikrokontroler Arduino Uno**

Perangkat lunak Arduino yang digunakan meliputi driver serta Arduino IDE, meskipun terdapat juga sejumlah perangkat lunak tambahan yang mendukung proses pengembangan. Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah program khusus yang digunakan untuk membuat dan merancang sketsa atau kode program yang akan dijalankan pada papan Arduino. Software ini dibangun menggunakan bahasa pemrograman Java dan memiliki fitur-fitur canggih untuk mempermudah pengguna dalam menulis, mengunggah, dan mengelola program. Arduino IDE sendiri terdiri dari beberapa komponen penting yang mendukung proses pemrograman secara keseluruhan.

#### **2.4.2 Arduino IDE**

IDE, singkatan dari Integrated Development Environment, adalah sebuah aplikasi yang digunakan untuk menulis dan mengembangkan program pada papan Arduino Uno. Program yang dibuat menggunakan Arduino IDE dikenal dengan sebutan sketch. Sketch tersebut ditulis dalam editor teks yang disediakan oleh IDE dan disimpan dalam format file berekstensi .ino. Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk membuat dan mengembangkan sketch pemrograman, atau dengan kata lain berfungsi sebagai alat bantu dalam proses pemrograman board Arduino. Melalui Arduino IDE, pengguna dapat menulis, mengedit, serta mengunggah program ke papan yang telah dipilih. Aplikasi ini dibuat menggunakan bahasa pemrograman Java dan dilengkapi dengan pustaka (library) C/C++ bernama Wiring, yang mempermudah dalam pengoperasian input dan output pada perangkat keras. (kamal et al. 2023)

```

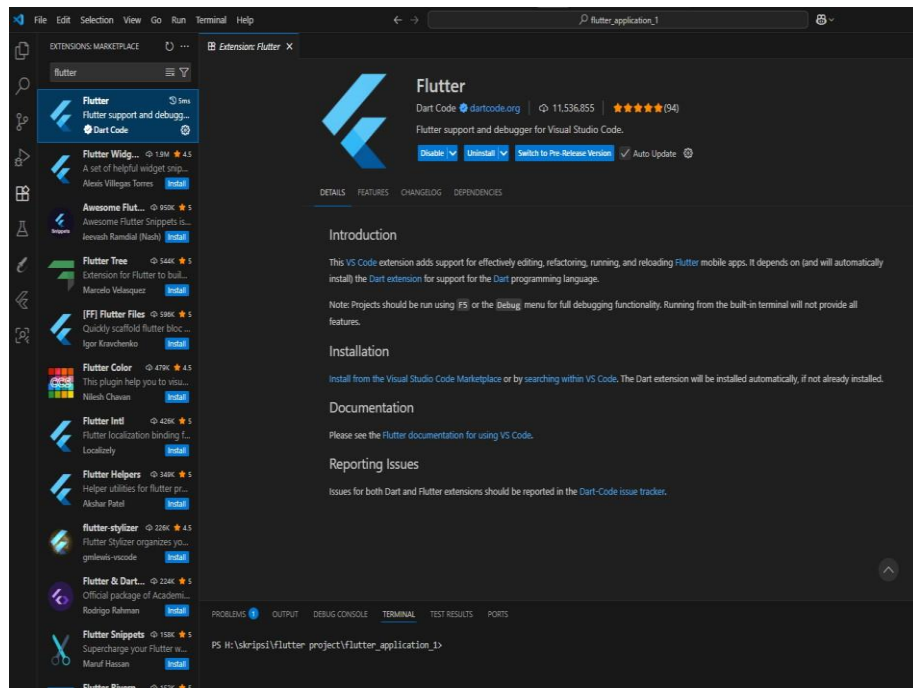
1  #include <Wire.h>
2  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3  #include <MPU6050.h>
4  #include <WiFi.h>
5  #include <HTTPClient.h>
6
7  LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
8  MPU6050 mpu;
9
10 // ---- GANTI DATA WIFI & FIREBASE DI SINI ----
11 const char* WIFI_SSID = "Hans";
12 const char* WIFI_PASS = "qwerty12345";
13
14 // Firebase Realtime Database host (cukup base URL saja, TANPA https://)
15 const char* FIREBASE_HOST = "simulasi-gempa-default-rtdb.asia-southeast1.firebaseio.com";
16 // -----
17
18 // Pin LED & Buzzer
19 const int LED_HIJAU = 26;
20 const int LED_KUNING = 14;
21 const int LED_MERAH = 27;

```

**Gambar 2. 8 Arduino IDE**

### 2.4.3 Visual Studio Code

Visual Studio Code (VS Code) adalah source code editor lintas platform yang dikembangkan oleh Microsoft, dirancang untuk mendukung berbagai bahasa pemrograman melalui sistem ekstensi. Untuk pengembangan aplikasi digunakan Flutter Extension yang tersedia di *Visual Studio Code Marketplace*. Ekstensi ini menyediakan bahasa pemrograman *DART* yang memang bahasa pemrograman yang digunakan oleh Flutter. Dalam penelitian ini, VS Code digunakan untuk membuat aplikasi Android pendeteksi gempa.



**Gambar 2. 9 Visual Studio Code**

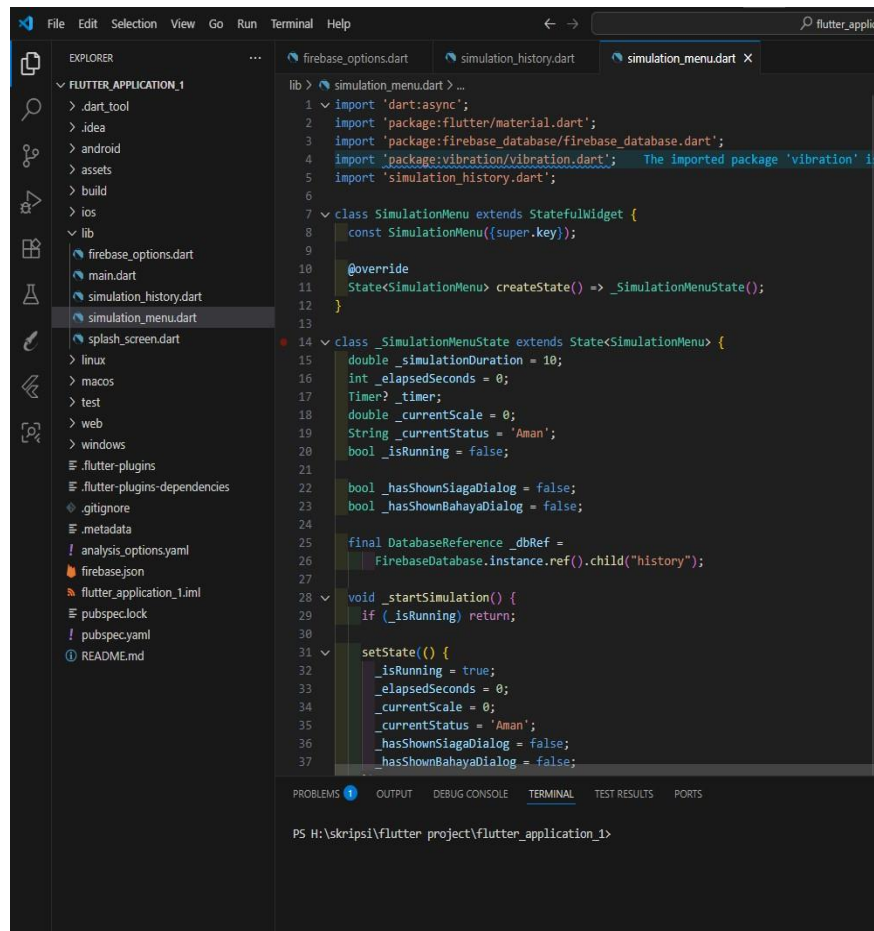
## 2.4.4 Flutter

Flutter adalah *software development kit* (SDK) sumber terbuka yang dikembangkan oleh Google untuk membangun antarmuka aplikasi lintas platform yang menggunakan satu bahasa pemrograman yaitu *DART* yang memungkinkan pengembangan aplikasi untuk Android, iOS, website, dan dekstop secara bersamaan. Dalam penelitian ini, Flutter digunakan untuk mengembangkan aplikasi Android pendeteksi gempa skala ringan.

Keunggulan utama yang dimiliki oleh Flutter meliputi:

- Hot Reload – memungkinkan pengembang melihat perubahan kode secara instan tanpa memulai ulang aplikasi.
- Widget Customization – menyediakan kumpulan widget yang dapat dimodifikasi sesuai kebutuhan.
- Single Codebase – pengembang cukup menulis satu kali kode untuk berjalan di berbagai platform.





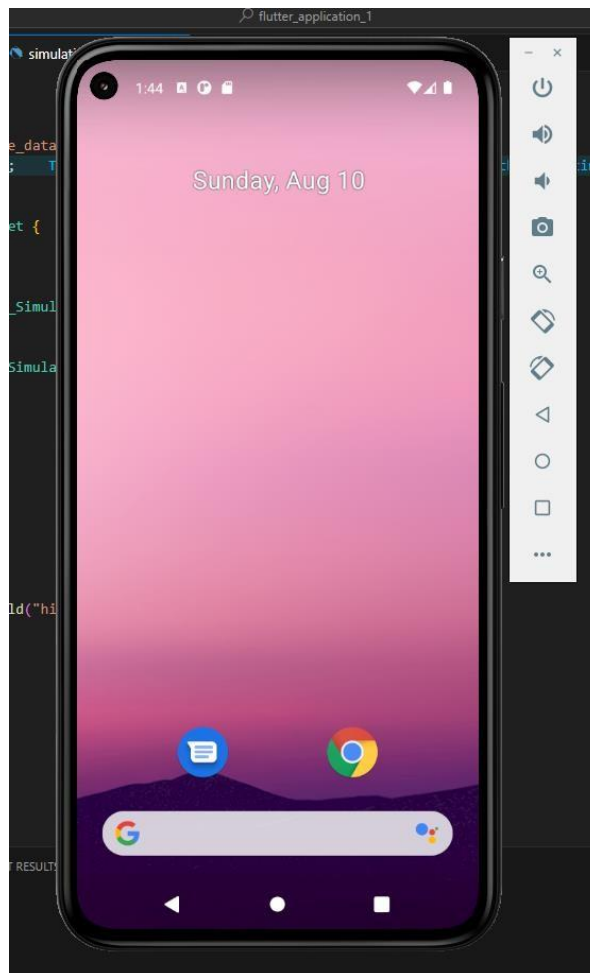
Gambar 2. 10 Flutter

### 2.4.5 Android Studio

Android Studio adalah *integrated development environment* (IDE) resmi untuk pengembangan aplikasi Android yang dikembangkan oleh Google, yang menyediakan berbagai fitur pengembangan seperti *code editor*, *debugging tools*, *profiling*, dan *Android Virtual Device* (AVD) untuk menjalankan emulator perangkat Android.

Android Virtual Device (AVD) adalah fitur bawaan Android Studio yang berfungsi sebagai *mobile emulator*, yaitu perangkat Android virtual yang mensimulasikan fungsi dan perilaku perangkat fisik. Emulator ini memungkinkan pengembang menguji aplikasi pada berbagai versi Android, ukuran layar, resolusi, dan konfigurasi perangkat tanpa memerlukan perangkat keras fisik (Rahman et al., 2021).

Dalam penelitian ini, Android Studio tidak digunakan sebagai lingkungan pengembangan utama, melainkan dimanfaatkan untuk menjalankan mobile emulator guna menguji aplikasi Android pendeteksi gempa yang dibangun menggunakan Flutter.

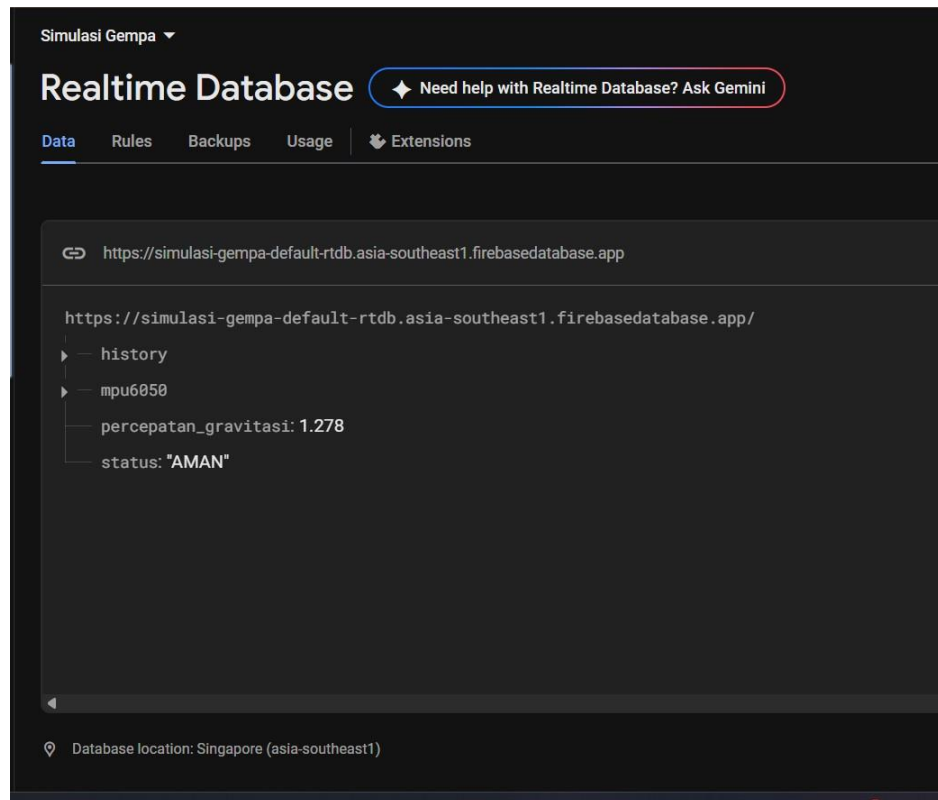


**Gambar 2. 11 Android Studio**

#### **2.4.6 Firebase Realtime Database**

Firebase Realtime Database adalah layanan basis data *NoSQL* berbasis *cloud* yang disediakan oleh Google sebagai bagian dari platform Firebase. Firebase Realtime Database menggunakan mekanisme *event-driven* yang memungkinkan setiap perubahan data pada server secara otomatis dipush ke semua klien. Hal ini menjadikannya sangat efektif untuk aplikasi yang memerlukan pembaruan data secara langsung tanpa perlu *refresh* manual. Dalam penelitian ini, Firebase Realtime Database digunakan sebagai media

komunikasi antara ESP32 dan aplikasi Android pendeteksi gempa. Data hasil deteksi dari sensor SW-420 dan MPU6050 yang diolah oleh ESP32 dikirim ke Firebase. Selanjutnya, aplikasi Android menampilkan status gempa dan mengirimkan notifikasi secara *real-time* kepada pengguna berdasarkan data tersebut.



**Gambar 2. 12** Firebase Realtime Database