

PEMANFAATAN *APPLICATION PROGRAMMING INTERFACE* BMKG SEBAGAI VALIDASI SENSOR ADXL335 UNTUK PERINGATAN DINI GEMPA

Glorio Stephen^{1*}, Pandu Sapta Agung Santoso², Isac Ilham Habib³, Guntur Yanuar Astono⁴

^{1,2,3}Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No.9 Jatimulyo, Lowokwaru, Malang, 65141, Telp. (0341) 404424 - 404425, Fax (0341) 404420

Keywords:

API BMKG, validasi sensor, sistem peringatan dini gempa bumi.

Correspondent Email:

gloriesthen@gmail.com

Abstrak. Indonesia berada pada zona *ring of fire* sehingga memerlukan sistem peringatan dini gempa bumi yang handal dan berbiaya rendah. Penelitian merancang prototipe deteksi dini dengan sensor akselerometer yang divalidasi secara *real-time* menggunakan *application programming interface* gempa BMKG. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan API BMKG sebagai validasi sensor akselerometer untuk peringatan dini gempa bumi, menganalisis estimasi waktu *upload* data sensor ADXL335 dan data API BMKG dengan kecepatan jaringan internet dan menilai efektivitas implementasi sistem peringatan dini yang menggabungkan sensor ADXL335 dan API BMKG dalam memberikan peringatan secara *real-time* terhadap gempa bumi. Hasil penelitian menunjukkan pemanfaatan *Application Programming Interface* sebagai validasi sensor ADXL335 untuk peringatan dini gempa bumi mampu memvalidasi pembacaan lokal menggunakan data resmi BMKG (endpoint *gempaterkini.json*) sehingga *false alarm* akibat vibrasi non-seismik berkurang dan kredibilitas peringatan meningkat, setelah itu sistem akan mengirim notifikasi dalam waktu ≤ 5 detik, hal ini membuktikan bahwa kombinasi ADXL335 dan API BMKG efektif sebagai solusi *low-cost* untuk memperluas jaringan peringatan dini gempa di Indonesia.



Copyright © [JITET](http://www.jitet.org) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. Indonesia is located in the Ring of Fire zone, making a reliable and low-cost earthquake early warning system essential. This study designs an early warning prototype using an accelerometer sensor that is validated in real time through the Meteorology, Climatology, and Geophysical Agency (BMKG) earthquake Application Programming Interface (API). The objectives of this research are to utilize the BMKG API as a validation tool for the accelerometer sensor in earthquake early warning systems, to analyze the estimated upload time of ADXL335 sensor data and BMKG API data based on internet network speed, and to evaluate the effectiveness of implementing an early warning system that integrates the ADXL335 sensor and BMKG API in providing real-time earthquake alerts. The results show that the use of the Application Programming Interface as a validation method for the ADXL335 sensor in earthquake early warning systems is capable of validating local readings using official BMKG data (endpoint *gempaterkini.json*), thereby reducing false alarms caused by non-seismic vibrations and increasing warning credibility. Furthermore, the system is able to send notifications within ≤ 5 seconds. This demonstrates that the combination of the ADXL335 sensor and BMKG API is effective as a low-cost solution for expanding the earthquake early warning network in Indonesia.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara di dunia yang paling rawan terhadap bencana gempa bumi. Gempa bumi adalah getaran yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik[1]. Hal ini disebabkan oleh letak geografisnya yang berada di wilayah *Ring of Fire* atau Cincin Api Pasifik, area di sepanjang Samudra Pasifik yang terkenal dengan aktivitas seismik dan vulkaniknya yang tinggi. Wilayah tersebut berbatasan langsung dengan laut dan pegunungan sehingga berpotensi mengalami bencana alam dan kesiapsiagaan berarti merencanakan tindakan untuk merespons jika terjadi bencana. Kesiapsiagaan juga didefinisikan sebagai suatu keadaan siap siaga dalam menghadapi krisis, bencana atau keadaan darurat lainnya[2]. Secara geologis, Indonesia adalah wilayah yang sangat kompleks karena interaksi tiga lempeng besar tersebut. Tabrakan antara lempeng-slempeng ini memicu terjadinya aktivitas seismik yang sering, terutama di wilayah-wilayah seperti Sumatra, Jawa, Bali, hingga Sulawesi dan Nusa Tenggara. Selain itu, banyaknya gunung berapi aktif juga menambah potensi terjadinya gempa vulkanik.

Indonesia adalah salah satu negara yang terletak di zona seismik aktif, sehingga sangat rentan terhadap bencana alam, terutama gempa bumi[3]. Sistem peringatan dini gempa bumi menjadi sangat penting untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh bencana ini. Salah satu cara untuk meningkatkan sistem peringatan dini adalah dengan menggunakan sensor akselerometer, seperti ADXL335, yang dapat mendeteksi gerakan tanah akibat gempa bumi. Namun, untuk memastikan akurasi data yang diperoleh dari sensor ADXL335, diperlukan validasi yang menghubungkan hasil pengukuran sensor dengan datagempa yang sebenarnya. Salah satu solusi untuk hal ini adalah pemanfaatan API BMKG yang menyediakan informasi gempa bumi secara real-time dan akurat. BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) menyediakan API yang memungkinkan pengguna untuk mengakses data gempa bumi yang terpantau oleh stasiun BMKG di seluruh Indonesia. Dengan memanfaatkan API BMKG, sistem peringatan dini berbasis sensor

ADXL335 dapat divalidasi untuk memberikan hasil yang lebih akurat dan responsif terhadap gempa bumi yang terjadi. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan API BMKG sebagai validasi sensor akselerometer untuk peringatan dini gempa bumi, menganalisis estimasi waktu *upload* data sensor ADXL335 dan data API BMKG dengan kecepatan jaringan internet dan menilai efektivitas implementasi sistem peringatan dini yang menggabungkan sensor ADXL335 dan API BMKG dalam memberikan peringatan secara *real-time* terhadap gempa bumi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Modul Wifi ESP32

Modul wifi ESP32 merupakan modul mikrokontroler yang memiliki *low-cost power system* dan terintegrasi dengan modul *Wi-Fi* dan *Bluetooth*. ESP32 dikembangkan dan dibuat oleh Espressif Systems, sebagai penerus dari modul sebelumnya yaitu ESP8266[4]. ESP32 memiliki keunggulan yakni *Dual-core* (dua inti pemrosesan), beragam I/O *pins*, konsumsi daya rendah, dukungan untuk berbagai pustaka dan *framework*, termasuk Arduino IDE, MicroPython, dan ESP-IDF (*Espressif IoT Development Framework*).

2.2. Sensor Akselerometer ADXL335

Alat ini mengukur percepatan dalam satuan g. Di bumi, 1 g berarti percepatan 9,8 m/s². Di bulan, percepatannya adalah 1/6 dari bumi dan di mars, percepatannya adalah 1/3 dari bumi. Perangkat sederhana yang dapat digunakan untuk mengukur percepatan adalah sistem massa pegas[5].

2.3. Kabel Jumper

Kabel *jumper* merupakan suatu istilah kabel dengan diameter kecil yang di dalam dunia elektronika digunakan untuk menghubungkan dua titik atau lebih dan juga untuk menghubungkan 2 komponen elektronika[6].

2.4. Step Down LM2596

Stepdown LM2596 menggunakan metode *switching*, sehingga efisiensinya bisa mencapai 80 - 90%, tergantung beban dan perbedaan tegangan. Rentang tegangan input berkisar antara 4v-40v dengan output 1,23v-35v. Batas arus maksimum hingga 2A dengan proteksi berupa pembatas arus hubung singkat[7].

2.5. Resistor

Resistor adalah komponen elektronika yang memberikan hambatan terhadap aliran arus dalam suatu rangkaian. Nilai resistansi diukur dalam satuan ohm (Ω) dalam menentukan seberapa besar hambatan yang diberikan. Dengan prinsip dasar hukum Ohm, resistor digunakan untuk mengatur aliran listrik dalam berbagai perangkat elektronika[8].

2.6. Elektrolit kondensator

Elektrolit kondensator atau elco merupakan jenis kapasitor yang menggunakan elektrolit untuk menyimpan dan melepaskan muatan listrik. Elco sering digunakan dalam berbagai perangkat elektronik seperti speaker, radio, dan amplifier. Elco dapat menyimpan energi dalam bentuk muatan listrik untuk sementara waktu[9].

2.7. Project Board

Project Board merupakan sebuah papan hubung yang terdiri dari lubang kecil tempat kaki komponen yang satu sama lain saling berhubungan sesuai dengan alurnya. Pada arah vertical masing-masing lubang saling berhubungan, namun tidak untuk yang arah horizontal[10].

2.8. API BMKG

Application Programming Interface adalah sekumpulan perintah, fungsi, dan protocol yang dapat digunakan oleh programmer saat membangun perangkat lunak untuk sistem operasi tertentu[11]. API BMKG menyediakan data gempa bumi *real-time* yang mencakup lokasi, waktu, magnitudo, dan kedalaman gempa. API ini dapat diakses melalui protokol *HTTP* dan memberikan informasi dalam format JSON atau XML, yang memudahkan integrasi dengan sistem berbasis Web.

#	Data	Nama File	Tanggal Pemutakhiran	Ukuran Data
1	Gempabumi Terbaru	autogempa.xml	07 Des 2024, 01:59:02 WIB	559 bytes
2	Gempabumi Terbaru	autogempa.json	07 Des 2024, 01:59:02 WIB	432 bytes

Gambar 1. Data API BMKG

2.9. JSON

JSON adalah sintaksis ringan, berbasis teks, dan tidak tergantung pada suatu bahasa tertentu

untuk menentukan format pertukaran data. JSON berasal dari bahasa pemrograman ECMAScript, merupakan bahasa pemrograman yang independen. JSON mendefinisikan seperangkat kecil aturan untuk mengatur representasi secara portabel dari data terstruktur[12].

2.10. Firebase

Firebase adalah sebuah platform pengembangan aplikasi yang disediakan oleh Google dan berfungsi sebagai *Backend as a Service* (BaaS). Firebase dapat digunakan untuk *realtime database* yang di-host di *cloud* dan datanya disimpan sebagai JSON sehingga mudah disinkronkan secara *real-time* dengan setiap klien yang terhubung, keunggulannya adalah ini gratis dari google untuk menyederhanakan pekerjaan *developer* dalam membuat aplikasi bergerak[13].

2.11. Gempa Bumi

Gempa bumi adalah fenomena alam yang terjadi akibat pelepasan energi dari dalam bumi yang menyebabkan getaran pada permukaan. Gempa bumi merupakan peristiwa berguncangnya bumi yang disebabkan oleh tumbukan antar lempeng bumi, aktivitas sesar (patahan), aktivitas gunung api atau runtuhnya batuan. Ancaman bahaya gempa bumi tersebar di hampir seluruh wilayah Kepulauan Indonesia, baik dalam skala kecil hingga skala besar yang merusak[14].

2.12. Modul Miniatur Gempa Bumi

Modul gempa bumi Sevetion merupakan modul buatan untuk meniru gempa asli guna pengambilan data yang telah terkalibrasi. Modul ini digerakan oleh 2 motor DC tipe 775 daya 24V dan *driver* yang digunakan untuk motor ini adalah BTS79608. Ditempatkan dengan posisi yang berbeda untuk menggerakkan bidang datar dikendalikan oleh ESP32. Cara kerja umum alat ini yaitu mikrokontroler mengaktifkan *driver* yang sudah *support Forward* dan *Reverse* lalu motor menghasilkan gerakan putar yang terhubung pada As ulir atau *Leadscrew* yang terhubung pada bidang datar

3. METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian dalam kajian ini menggunakan metode yang sesuai dengan hasil

yang ingin dicapai. Pendekatan yang digunakan pada penelitian ini adalah Research dan Development (R&D), yaitu riset dan pengembangan. Metode ini bertujuan untuk mengembangkan atau memperluas pengetahuan yang telah ada. Penelitian ini dirancang untuk mengembangkan sistem validasi sensor berbasis Internet of Things (IoT) pada alat deteksi dini gempa bumi. Setiap tahapan memiliki peran penting dalam memastikan bahwa sistem yang dihasilkan tidak hanya inovatif, tetapi juga dapat diandalkan dan efektif dalam situasi darurat[15].

3.2. Alat dan Bahan

Perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini yaitu, modul ESP32, Kabel Jumper, Step down LM2596, MMultimeter, Kabel USB Serial, Laptop, Thonny IDE, Elektrolit Kondensator, jack input DC, Adaptor DC 12V, Resistor, Project board, ADXL335 serta alat pendukung pengolahan data yang digunakan pada penelitian ini yaitu Firebase.

3.3. Tahapan Penelitian

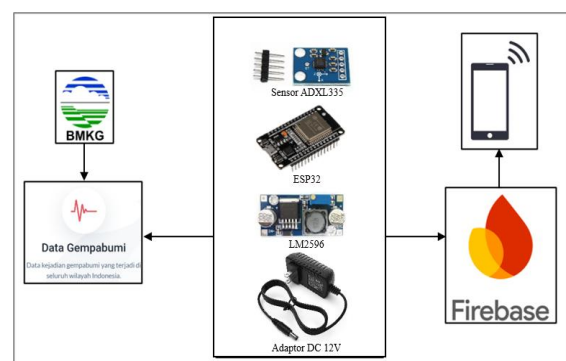
Pada tahapan penelitian mengenai sistem cerdas *Internet of Things* untuk deteksi gelombang seismik yang terkalibrasi secara real-time, penelitian ini dilaksanakan secara bertahap dan terperinci agar mendapatkan hasil data yang sesuai dengan rumusan masalah dan juga tujuan masalah. Berikut adalah tahapan – tahapan yang dilakukan untuk pembuatan sistem sebagai berikut ini:

1. Studi literatur mengenai teori seismologi dan prinsip-prinsip deteksi gempa serta mengkaji teknologi sensor akselerometer, khususnya sensor ADXL335 serta aplikasinya dalam deteksi getaran atau gelombang seismik.
2. peninjauan peralatan dan menentukan perangkat keras yang akan dipakai seperti ADXL335, ESP32, serta alat pengolah data seperti laptop/komputer dan menyiapkan perangkat lunak untuk pemrograman mikrokontroler.
3. Perancangan sistem dengan mendesain sistem deteksi dini sensor ADXL335, mikrokontroler (ESP32). Setelah itu menentukan parameter seismic yang akan diukur, seperti tegangan *output* analog sensor.

4. Pembuatan sistem dengan melakukan pemrograman pada ESP32 untuk melakukan pengambilan *database* API BMKG dalam bentuk format JSON untuk mengirim data pada server Firebase.
5. sistem akan diuji apakah sistem bisa bekerja sesuai dengan ide atau kebutuhan.
6. apakah semua sistem sesuai dengan ide dan tujuan masalah yang telah di tentukan. Jika sistem mengalami kendala, maka sistem akan dilakukan perbaikan.
7. hasil dari pengujian sistem akan di analisa dan diambil datanya sesuai dengan konsep yang ditentukan.
8. hasil dari kerja sistem dan data yang di peroleh kita bisa menarik kesimpulan dan saran tentang sistem tersebut serta menyusun rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut.
9. penyusunan laporan penelitian yang mencakup tujuan, metodologi, hasil, analisis, dari sistem yang telah di kerjakan.

3.4. Blok Diagram Sistem Monitoring

Diagram blok dari sistem pemanfaatan API BMKG sebagai validasi sensor ADXL335 untuk peringatan dini gempa bumi ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Diagram Blok Perancangan Sistem Berdasarkan gambar diatas, terdapat beberapa komponen pada rancangan sistem.

1. *Website* resmi BMKG. Web ini dirancang untuk memberikan akses cepat dan akurat mengenai kondisi cuaca, iklim, serta aktivitas geofisika seperti gempa bumi dan tsunami.

2. BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) menyediakan API yang memudahkan integrasi informasi cuaca ke dalam berbagai aplikasi dan sistem berbasis teknologi.
3. ESP32 digunakan untuk mengolah data dari sensor akselerometer dan mengirimkannya ke server atau perangkat lain. ESP32 merupakan mikrokontroler dengan kemampuan *Wi-Fi* dan *Bluetooth* terintegrasi.
4. Step down 5V (*Buck Converter*) digunakan untuk menurunkan tegangan dari 12V menjadi 5V agar aman untuk ESP32 dan sensor.
5. *Power Supply* 12V digunakan untuk memberikan energi pada seluruh sistem. Karena ESP32 bekerja pada 3.3V atau 5V, maka diperlukan modul step-down.
6. Sensor ADXL335 digunakan untuk mendeteksi perubahan akselerasi pada sumbu X, Y, dan Z. Data dari sensor ini dapat digunakan untuk mengukur getaran, kemiringan, atau gerakan.
7. Firebase berfungsi sebagai pusat penyimpanan data (*database cloud*) sekaligus penghubung antara perangkat IoT (ESP32) dengan aplikasi *mobile*. Digunakan untuk mendeteksi getaran atau indikasi gempa bumi, dikirim oleh ESP32 ke Firebase secara *real-time*.

3.5. Flowchart Sistem

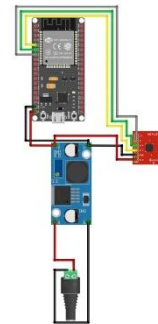
Proses yang dirancang untuk memudahkan pemahaman alur pemanfaatan API BMKG sebagai validasi sensor ADXL335 untuk sistem peringatan dini gempa bumi sebagai berikut:

1. Langkah awal operasional sistem monitoring gempa yaitu menunggu input dari sensor akselerometer atau data dari API BMKG.
2. Gempa bumi terjadi, sistem akan memulai proses deteksi. Sinyal gempa didapat dari sensor ADXL335 yang mendeteksi getaran, mengukur perubahan percepatan yang terjadi akibat gelombang seismik, dan digunakan dalam sistem yang lebih besar untuk menganalisis kekuatan dan pola getaran.
3. API BMKG memberikan notifikasi kejadian gempa resmi. Sistem akan melakukan pengecekan ke API BMKG untuk memastikan apakah terdapat data kejadian gempa.
4. Sensor akselerometer ADXL335 membaca gempa yang terhubung dengan ESP32 akan membaca intensitas dan pola getaran.
5. ESP32 berperan sebagai pusat pemrosesan data.
6. Data hasil analisis gempa yang sudah diolah ESP32 dikirim ke Firebase, yang berfungsi sebagai *database cloud* untuk mendapatkan informasi gempa secara *real-time*.
7. Tahapan terakhir ketika data gempa berhasil diunggah dan tersedia pada aplikasi, serta notifikasi bisa dikirim ke pengguna.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perencanaan Hardware

Rancangan yang akan dibuat untuk memudahkan pembuatan sistem diperlukan sebuah rangkaian sistem. Berikut Gambar 3.5 yang merupakan rangkaian elektronika dari perangkat keras sistem pemanfaatan *Application Programming Interface* BMKG sebagai validasi sensor ADXL335 sebagai peringatan dini gempa bumi.



Gambar 3. Perencanaan Hardware

4.2. Integrasi API dengan Sensor Akselerometer

Integrasi ini merupakan proses menghubungkan sistem berbasis mikrokontroler yang membaca data dari sensor ADXL335 dengan jaringan internet agar bisa mengakses API BMKG secara langsung. ESP32 akan menangani komunikasi *HTTP* (*POST request*) ke server BMKG dengan metode jaringan *Wi-Fi*, dan hasilnya akan dikirim kembali ke mikrokontroler untuk dibandingkan dengan data dari sensor.

1. ESP32 yang terintegrasi dalam *board*. Modul ini mendukung koneksi *Wi-Fi* dan dapat menjalankan permintaan *https* untuk mengakses data dari API BMKG.
2. Konfigurasi Koneksi *Wi-Fi* dilakukan melalui kode pemrograman dengan menentukan SSID dan *password* jaringan lokal, sehingga modul dapat terhubung secara otomatis ke internet.
3. Proses *Request* API BMKG berhasil, sistem melakukan HTTP GET request ke endpoint <https://data.bmkg.go.id/DataMKG/TEWS/gempaterkini.json> untuk mendapat informasi terbaru dalam format JSON.
4. Pengambilan dan Validasi Data JSON yang diterima akan diproses dan diurai untuk mengambil informasi penting seperti waktu kejadian, lokasi, magnitudo, dan kedalaman. Informasi ini kemudian disimpan sementara dan dibandingkan dengan hasil pembacaan dari sensor ADXL335.
5. Integrasi Dengan Sensor setelah kedua data (lokal dan dari API) tersedia, mikrokontroler membandingkan pola getaran dan waktu kejadian untuk menentukan tingkat kesesuaian kekuatan gempa dan memberikan notifikasi jika terjadi gempa.

4.3. Konversi Skala Magnitudo

Dalam sistem deteksi gempa berbasis sensor akselerometer ADXL335, pembacaan awal yang dihasilkan berupa data percepatan dalam satuan *g-force* (g). Data ini harus dikonversi agar dapat merepresentasikan kekuatan gempa dalam skala yang lebih umum dan mudah dipahami, yaitu skala magnitudo. Penelitian ini percepatan tanah dideteksi oleh sensor akselerometer dengan klasifikasi otomatis skala magnitude yang telah di klasifikasikan menggunakan nilai PGA (*Peak Ground Acceleration*). Berikut ini adalah penetapan tabel berdasarkan urutan PGA dari sAkala kecil:

Tabel 1. Konversi Magnitudo

No.	Peak Ground Acceleration (g)	Magnitudo Gempa (M)
1.	0,01	3,0
2.	0,02	3,5

No.	Peak Ground Acceleration (g)	Magnitudo Gempa (M)
3.	0,04	4,0
4.	0,08	4,5
5.	0,15	5,0
6.	0,30	5,5
7.	0,55	6,0
8.	0,90	6,5
9.	1,80	7,0
10.	2,50	7,5
11.	3,00	8,0

4.4. Perbandingan Kinerja Pembacaan Sensor dan BMKG

Dalam rangka mengkaji tingkat keandalan sistem deteksi gempa berbasis sensor, diperlukan analisis komparatif terhadap performa pembacaan data antara sensor akselerometer ADXL335 dan data seismik resmi dari BMKG. Evaluasi ini mencakup beberapa parameter teknis seperti akurasi, resolusi, rentang frekuensi, jenis output data, serta metode kalibrasi yang digunakan. Berikut tabel perbandingan kinerja antara pembacaan sensor dan data BMKG:

Tabel 2. Perbandingan Kinerja Pembacaan Sensor dan BMKG

Aspek	ADXL335	Data BMKG
Akurasi	Rendah karena terpengaruh noise	Sangat tinggi karena alat kalibrasi tinggi
Resolusi	Terbatas tergantung ADC	Luas atau frekuensi rendah dan tinggi
Rentang Frekuensi	Terbatas atau lokal	Jaringan nasional dan internasional
Output data	Tegangan analog 3,3V	Digital terstadar
Kalibrasi	Manual	Otomatis dan berkala

4.5. Validasi Data Sensor dengan API BMKG

Validasi merupakan tahapan penting untuk memastikan keakuratan dan keandalan data yang diperoleh dari sensor. Dalam penelitian ini, dilakukan proses validasi terhadap data getaran yang dihasilkan sensor dengan data dari BMKG melalui API BMKG. Dengan memanfaatkan data *real-time* dan riwayat dari API BMKG, sistem dapat membandingkan hasil pembacaan sensor ADXL335 terhadap nilai acuan dari BMKG. Berikut ini adalah proses validasi sensor ADXL335 dengan API BMKG:

Tabel 3. Validasi Sensor dan BMKG pada Firebase

No.	Data BMKG	Data Sensor	Tampilan Firebase	Status
1.	Ya	Ya		T
2.	Tidak	Ya		N
3.	Ya	Tidak		N
4.	Tidak	Tidak		N
Ket. N=Nomal, T=Gempa Terdeteksi				

4.6. Hasil Respon Waktu Terhadap Jaringan Internet

Respon waktu sensor untuk sistem peringatan dini gempa bumi merupakan respon waktu saat sensor ADXL335 membaca gempa dan mengirim datanya ke *cloud* Firebase, yang dimana saat proses pengiriman data dipengaruhi oleh kualitas jaringan internetnya saat terjadi gempa bumi. Perhitungan untuk menentukan baik dan buruknya suatu jaringan internet dapat dilihat dengan menguji nilai *Ping*.

Tabel 4. Respon waktu Terhadap Jaringan Baik

No.	Data BMKG	Sensor ADXL335	Respon Time (detik)	Kualitas Jaringan Internet
1.	Ya	Ya	2,44	10ms – 30ms
2.	Ya	Ya	1,78	
3.	Ya	Ya	2,52	
4.	Ya	Ya	1,61	

No.	Data BMKG	Sensor ADXL335	Respon Time (detik)	Kualitas Jaringan Internet
5.	Ya	Ya	1,94	
Rata - rata			2,05	

Tabel 5. Respon waktu Terhadap Jaringan Buruk

No.	Data BMKG	Sensor ADXL335	Respon Time (detik)	Kualitas Jaringan Internet
1.	Ya	Ya	2,44	10ms – 30ms
2.	Ya	Ya	1,78	
3.	Ya	Ya	2,52	
4.	Ya	Ya	1,61	
5.	Ya	Ya	1,94	
Rata - rata			2,05	

Dalam jaringan “buruk” (ping 31-100 ms) terjadi kenaikan signifikan pada waktu respon dibandingkan dengan pengujian pada jaringan baik, yang berarti sistem tetap mampu mengidentifikasi data getaran dari sensor dan mencocokkannya dengan data dari BMKG meskipun dalam kondisi jaringan tidak ideal. Dari hasil tersebut diperoleh nilai rata - rata *response time* sebesar (5,15 detik). Dibandingkan dengan rata-rata waktu respon pada jaringan baik (2,05 detik), terjadi peningkatan sekitar 3,10 detik. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas jaringan internet memiliki pengaruh langsung terhadap performa sistem, terutama dalam hal kecepatan komunikasi data antara perangkat ESP32 dan server API BMKG.

4.7. Efisiensi Sistem

Efisiensi utama sistem bersumber dari kombinasi arsitektur perangkat keras yang hemat biaya, integrasi jaringan yang fleksibel, dan mekanisme validasi ganda (lokal + nasional).

1. Kombinasi ADXL335 dengan ESP32 populer diranah *Internet of Things*
2. Penggunaan Firebase memudahkan distribusi notifikasi multiplatform.
3. Gabungan data sensor lokal dan *database* API BMKG meningkatkan keandalan dalam memvalidasi sistem.
4. Integrasi jaringan yang fleksibel memungkinkan pengiriman data secara *real-time* dengan latensi rendah, mendukung respon sistem yang cepat dan akurat.

4.8. Analisis Data

Secara keseluruhan, penelitian menunjukkan kelayakan awal sensor ADXL335 yang telah divalidasi API BMKG untuk sistem peringatan dini gempa dengan menggunakan sinyal jaringan yang baik, yakni 10-30ms yang menunjukkan hasil respon waktu rata – rata 2,05 detik. langkah validasi deteksi getaran pada sensor ADXL335 sudah tervalidasi dengan acuan data API BMKG yang diunggah ke *database* Firebase sudah sesuai dengan tujuan dari penelitian ini. konversi skala dari *PGA* ke *magnitudo* sudah sesuai dengan acuan penelitian. Dengan penyempurnaan pada aspek kalibrasi, filtrasi sinyal, korelasi seismik, dan pengujian lapangan berskala besar, sistem ini berpotensi menjadi solusi *low-cost* untuk memperluas jangkauan peringatan dini gempa di Indonesia.

4.9. Evaluasi Pengujian Sensor

Penelitian ini dirancang untuk menilai akurasi statis sensor ADXL335 sebelum sensor dipakai sebagai pendeteksi getaran seismik.

5. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pengujian pemanfaatan *Application Programming Interface* sebagai validasi sensor ADXL335 untuk peringatan dini gempa bumi telah berhasil membuktikan bahwa integrasi sensor akselerometer ADXL335, mikrokontroler ESP32, dan API gempa BMKG merupakan pendekatan yang efektif, responsif, dan hemat biaya untuk membangun sistem peringatan dini gempa bumi. Hasil penelitian menunjukkan pemanfaatan *Application Programming Interface* mampu memvalidasi pembacaan lokal menggunakan data resmi BMKG (endpoint *gempaterkini.json*) sehingga *false alarm* akibat vibrasi non-seismik berkurang dan kredibilitas peringatan meningkat, setelah itu sistem akan mengirim notifikasi dalam waktu ≤ 5 detik pada kualitas jaringan “baik” (ping 10–30 ms) dan ± 5 detik pada jaringan “menengah” (ping 31–100 ms), cukup untuk memberikan *lead-time* pada gempa tektonik zona subduksi.

5.2. Saran

Validasi sensor yang menggunakan sambungan *Wi-Fi* atau koneksi internet

disarankan untuk menggunakan *double power* menggunakan baterai yang dapat diisi ulang atau *accumulator* agar sistem tetap dapat berjalan sebagaimana mestinya, penambahan alat penguat sinyal agar respon waktu jaringan lebih cepat sehingga informasi peringatan gempa bumi lebih cepat dan akurat, serta Pengembangan aplikasi agar dapat diinstal oleh seluruh *smartphone* berbagai tipe.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Prasetyo, M. M. Effendi, and M. N. D. M., “Analisis Gempa Bumi Di Indonesia Dengan Metode Clustering,” vol. 4, no. 2, pp. 338–343, 2023.
- [2] N. R. A. Nasution, A. A. Natasya, and M. Rusdi, “Implementasi Sensor Accelerometer Sebagai Sistem Alarm Pendeteksi Gempa Berbasis Iot,” *Pros. Konf. Nas. Soc. Eng. Polmed*, vol. 3, no. 1, pp. 855–864, 2022.
- [3] M. Angglana and F. Pandey, “Pemetaan Zona Rawan Gempa Berdasarkan Jejak Historis Gempa dan Kerusakan Infrastruktur,” vol. 5, pp. 204–213, 2025.
- [4] C. Austin, M. Mulyadi, and S. Octaviani, “Implementasi IoT dengan ESP 32 Untuk Pemantauan Kondisi Suhu Secara Jarak Jauh Menggunakan MQTT Pada AWS,” vol. 15, no. 2, 2023.
- [5] P. Sapta *et al.*, “PENGUNAAN SENSOR ADXL335 UNTUK PEMBACAAN G-FORCE BEDASARKAN JENIS GEMPA DAN SEBAGAI,” vol. 14, no. 2.
- [6] E. A. Prastyo, “Pengertian, Jenis dan Cara Kerja Kabel Jumper Arduino,” *Malang Arduino Indones.*, 2017.
- [7] A. Siswanto, J. T. Elektro, F. Teknik, U. Katolik, and W. Mandala, “MEJA TULIS ADJUSTABLE DENGAN KONSEP,” 2020.
- [8] R. P. Anindya *et al.*, “ANALYSIS OF CURRENT AND VOLTAGE IN SERIES AND PARALLEL CIRCUITS BASED ON OHM ' S LAW,” vol. 7, no. 2, 2025, doi: 10.31605/phy.v7i1.4575.
- [9] O. A. Mone, J. W. D. Therik, and F. Seda, “Pengukuran dan Pengamatan Kode dan Angka Fixed Kapasitor Jenis Elektrolit (Elco),” *Cerdika J. Ilm. Indones.*, vol. 5, no. 8, 2025.
- [10] D. F. AWALIYAH, “RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI MINYAK GORENG BERKANDUNGAN PLASTIK MENGGUNAKAN ARDUINO,” 2024, *UNIVERSITAS PERADABAN*.
- [11] A. A. Putra, “PENERAPAN SENSOR ACCELEROMETER UNTUK MEMBANDINGKAN GEMPA DATA

- BMKG DAN GOOGLE,” pp. 33–40.
- [12] B. Witjaksana and A. S. Amal, “PENERAPAN SENSOR PEDETEKSI DINI GEMPA BUMI,” pp. 26–32, 2021.
- [13] R. P. Purwono Prasetyawan, Selamat Samsugi, “Internet of things menggunakan firebase dan nodemcu untuk helm pintar,” vol. 5, no. 1, pp. 32–39, 2021.
- [14] F. D. Cahyo, “Kesiapsiagaan bencana gempa bumi dalam keperawatan: tinjauan penelitian earthquake disaster preparedness in nursing: scoping review,” vol. 18, no. 1, 2023.
- [15] F. Fatimah, S. Abdy, S. Ramadhany, and P. Fitriani, “Sistem Monitoring Dan Deteksi Dini Terjadinya Gempa Berbasis Iot (Internet Of Things),” vol. 5, no. 1, pp. 31–39, 2025, doi: 10.47065/jimat.v5i1.472.