

Perancangan Sistem Pendeteksi Gempa Bumi Di Universitas Telkom Berbasis Internet Of Things

Garin Ari Purnomo
S1 Teknik Telekomunikasi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
purnomogarinari@gmail.com

Nabila Shofa
S1 Teknik Telekomunikasi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
nabilashofa0910@gmail.com

Rafif Hilmy Rabbani
S1 Teknik Telekomunikasi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
rafif.hilmy21@gmail.com

Reza Fahreza Septiono
S1 Teknik Telekomunikasi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
rezafahrezas206@gmail.com

Heroe Wijanto
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

Asep Suhendi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

Aris Hartaman
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

Abstrak — Indonesia merupakan salah satu negara yang rawan gempa bumi karena terletak di antara tiga lempeng tektonik utama dunia. Kota Bandung, termasuk lingkungan Universitas Telkom, memiliki kerawanan tinggi karena berada di dekat sesar aktif. Saat ini, belum tersedia sistem pendeteksi gempa bumi di lingkungan kampus yang dapat memberikan peringatan dini secara *real-time*, khususnya pada gedung bertingkat yang memiliki perbedaan osilasi antar lantai. Penelitian ini merancang dan mengembangkan sistem pendeteksi gempa berbasis *Internet of Things* (IoT) yang memanfaatkan sensor akselerometer ADXL345 untuk mendeteksi getaran, mikrokontroler ESP32 untuk pemrosesan data, serta koneksi Wi-Fi untuk pengiriman informasi ke aplikasi *mobile*. Sistem dilengkapi penghitung jumlah orang dalam gedung berbasis YOLOv5 guna mendukung proses evakuasi. Data disimpan di Firebase dan ditampilkan pada aplikasi dengan fitur *monitoring*, panduan evakuasi, dan notifikasi. Hasil implementasi menunjukkan sistem mampu mendeteksi getaran pada sumbu X, Y, Z dengan ambang batas $>0,05$ g, mendeteksi jumlah orang dengan akurasi di atas 95%, dan memberikan respons peringatan dengan latensi kurang dari 500 milidetik. Sistem ini diharapkan meningkatkan keselamatan sivitas akademika Universitas Telkom dalam menghadapi gempa bumi.

Kata kunci — gempa bumi, *internet of things*, deteksi getaran, sistem peringatan, *people counter*.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara rawan gempa bumi karena berada pada pertemuan tiga lempeng litosfer utama, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, dan lempeng Indo-Australia [1]. Kota Bandung memiliki tingkat kerawanan tinggi akibat topografi yang berbentuk cekungan, dikelilingi gunung api purba, dan berada di dekat sesar aktif seperti Sesar Lembang, Sesar Cileunyi, Sesar Tanjungsari, dan Sesar Jati [2]. Potensi gempa di wilayah ini dapat menimbulkan kerusakan bangunan, korban jiwa, serta dampak sosial-ekonomi yang signifikan [3]. Salah satu permasalahan utama pada gedung bertingkat, seperti Telkom *University Landmark Tower* (TULT), adalah perbedaan osilasi antar lantai yang menyebabkan intensitas

getaran berbeda. Lantai atas cenderung merasakan guncangan lebih besar dibanding lantai bawah, sehingga penghuni lantai bawah berisiko tidak menyadari terjadinya gempa dan terlambat melakukan evakuasi.

Sejumlah penelitian dan teknologi telah dikembangkan untuk mendeteksi dan memberikan peringatan dini gempa bumi, seperti sistem seismometer dan *accelerograph* yang dikelola Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) [4]. Meskipun efektif dalam mendeteksi parameter pusat gempa dan magnitudo, sistem tersebut belum menyediakan informasi spesifik di lokasi terbatas seperti area kampus secara *real-time*. Beberapa inovasi menggunakan jaringan *Long Range Wide Area Network* (LoRaWAN) dan sensor getaran telah diaplikasikan untuk peringatan gempa di bangunan, namun umumnya belum diintegrasikan dengan sistem informasi jumlah penghuni gedung atau aplikasi *mobile* yang interaktif.

Berdasarkan kondisi tersebut, dibutuhkan sistem deteksi gempa berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu memberikan peringatan lokal secara cepat dan akurat, serta mendukung manajemen evakuasi melalui integrasi penghitung jumlah orang dalam gedung. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi gempa menggunakan sensor akselerometer ADXL345 dan mikrokontroler ESP32, mengintegrasikan deteksi jumlah orang berbasis pengolahan citra YOLOv5, serta menampilkan informasi melalui aplikasi Android yang terhubung dengan Firebase untuk *monitoring*, panduan evakuasi, dan notifikasi secara *real-time*.

II. KAJIAN TEORI

A. Gempa bumi

Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pergerakan atau pergeseran lapisan batuan pada kulit bumi secara tiba-tiba akibat pergerakan lempeng tektonik atau aktivitas vulkanik [5]. Energi yang dihasilkan merambat ke

segala arah dalam bentuk gelombang seismik. Berdasarkan kedalaman hiposenternya, gempa bumi diklasifikasikan menjadi dangkal (<60 km), sedang (60–300 km), dan dalam (>300 km). Parameter penting dalam analisis gempa adalah *Peak Ground Acceleration* (PGA), yaitu percepatan maksimum tanah yang dialami akibat gelombang gempa, yang berkaitan langsung dengan skala intensitas *Modified Mercalli Intensity* (MMI).

B. Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah konsep integrasi berbagai perangkat fisik yang dilengkapi sensor, prosesor, dan konektivitas internet untuk mengumpulkan dan bertukar data [6]. Dalam konteks penelitian ini, IoT digunakan untuk menghubungkan sensor getaran, mikrokontroler, server *cloud* (Firebase), dan aplikasi Android untuk pemantauan *real-time*.

C. Sensor Akselerometer

ADXL345 adalah sensor akselerometer tiga sumbu berbasis teknologi *Micro Electro Mechanical Systems* (MEMS) dengan rentang pengukuran $\pm 2g$ hingga $\pm 16g$ dan resolusi tinggi [7]. Sensor ini mendeteksi percepatan linear pada sumbu X, Y, dan Z, yang dapat diubah menjadi informasi PGA menggunakan persamaan:

$$PGA = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$$

Dimana X, Y, dan Z adalah percepatan pada masing masing sumbu dalam m/s^2 [8]

D. Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sistem digital yang terdiri dari kumpulan rangkaian terintegrasi dengan berisikan komponen pendukung seperti memori, *port input*, *port output*, *converter*, dan serial komunikasi [9]. Salah satu aplikasinya sebagai *data logger*, yaitu sistem akuisisi data yang dapat membaca berbagai jenis *input* data dalam waktu lama secara *real-time* untuk kemudian disimpan dalam sebuah memori [10].

E. Machine Learning

Machine Learning (ML) merupakan algoritma pembelajaran mesin yang dimanfaatkan untuk melakukan otomatisasi tugas-tugas kompleks atau mendeteksi kesalahan. Dibutuhkan dataset besar untuk melatih algoritma ML membuat prediksi akurat dengan menganalisis pola dari pengujian sebelumnya [11]. Salah satu pendekatan ML yang digunakan untuk mendeteksi objek adalah algoritma *You Only Look Once* (YOLO). YOLO merupakan jaringan untuk mendeteksi objek yang terdiri dari banyak versi, salah satunya adalah YOLOv5. Algoritma YOLOv5 memiliki tugas utama dalam pendeteksian objek dalam sebuah gambar atau citra untuk kemudian diklasifikasikan jenisnya [12].

F. Android Studio dan Firebase

Dalam pembuatan aplikasi untuk sistem ini, penulis menggunakan *software* Android Studio dengan bahasa pemrograman Kotlin. Aplikasi Android dapat berperan

sebagai *user-facing interface* atau antarmuka utama yang menggabungkan data teknis ke pengguna atau *user* [13].

III. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen dengan merancang dan mengimplementasikan sistem pendeteksi gempa bumi berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan sistem penghitung jumlah orang dalam gedung. Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan yang saling berkaitan. Tahap awal adalah identifikasi masalah, yaitu mengkaji kebutuhan akan sistem deteksi gempa lokal di lingkungan Universitas Telkom, khususnya pada gedung bertingkat seperti Telkom *University Landmark Tower* (TULT). Tahap berikutnya adalah studi literatur yang memuat teori-teori terkait gempa bumi, teknologi IoT, sensor ADXL345, mikrokontroler ESP32, algoritma YOLOv5, dan integrasi aplikasi Android berbasis Firebase.

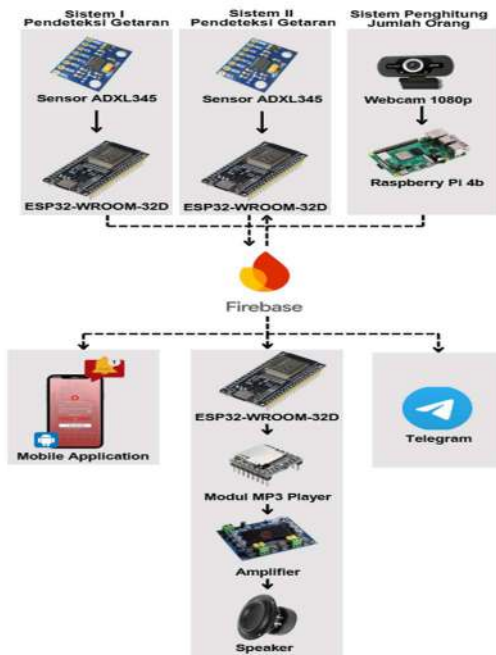
Selanjutnya dilakukan perancangan sistem yang dibagi menjadi lima sub-sistem, yaitu pendeteksi getaran, audio peringatan, penghitung jumlah orang, *power supply*, dan database. Rancangan ini mencakup pembuatan diagram rangkaian keseluruhan dan skematik tiap sub-sistem. Implementasi perangkat keras melibatkan perakitan komponen sesuai skematik, sedangkan perangkat lunak meliputi pemrograman ESP32 dengan Arduino IDE, pelatihan model YOLOv5 untuk deteksi manusia, dan pengembangan aplikasi Android di Android Studio.

Pengujian dilakukan untuk mengukur akurasi deteksi getaran dan jumlah orang, serta kinerja transmisi data berdasarkan parameter *Quality of Service* (QoS) seperti latensi, *packet loss*, dan *throughput* sesuai standar TIPPHON. Waktu penelitian berlangsung selama enam bulan, mulai Februari 2025 hingga Juli 2025. Data primer diperoleh dari hasil pembacaan sensor ADXL345 dan hasil deteksi YOLOv5, sedangkan data sekunder berasal dari literatur dan dokumen teknis. Semua data dianalisis untuk menentukan tingkat keberhasilan sistem, dengan target akurasi di atas 95% dan latensi pengiriman data kurang dari 500 milidetik.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

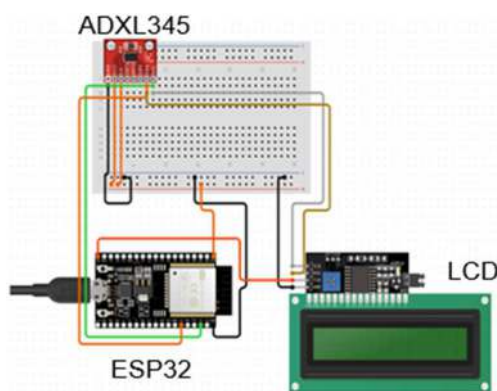
A. Diagram Rangkaian

Sistem pendeteksi gempa bumi yang dirancang terdiri dari lima sub-sistem utama, yaitu pendeteksi getaran, audio peringatan, penghitung jumlah orang, *power supply*, dan integrasi *database*. Implementasi perangkat keras sesuai rancangan Gambar 1 berjalan sesuai spesifikasi, dengan sensor ADXL345 mampu membaca percepatan pada tiga sumbu dan menampilkannya melalui LCD, serta mengirimkan data ke Firebase. Sistem audio peringatan menggunakan ESP32 dan DFPlayer Mini berhasil memutar suara peringatan secara otomatis ketika status gempa pada *database* aktif. Sub-sistem penghitung jumlah orang berbasis YOLOv5 juga berfungsi optimal dalam mengidentifikasi pergerakan masuk dan keluar, sehingga jumlah orang di dalam gedung dapat dipantau secara *real-time*.



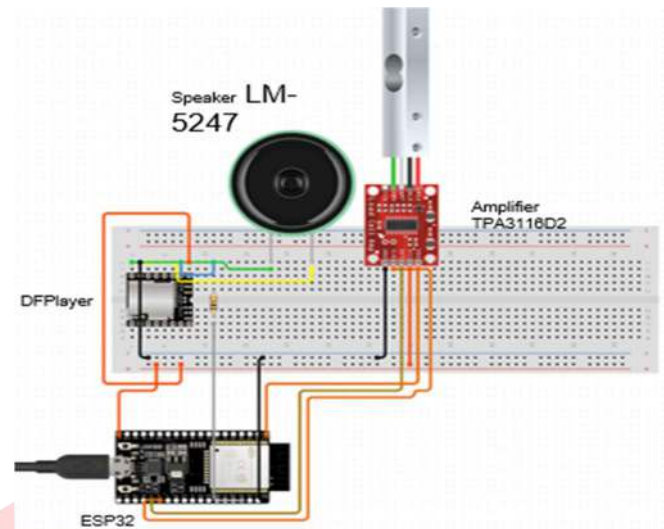
GAMBAR 1
Diagram Rangkaian

B. Rangkaian Skematik



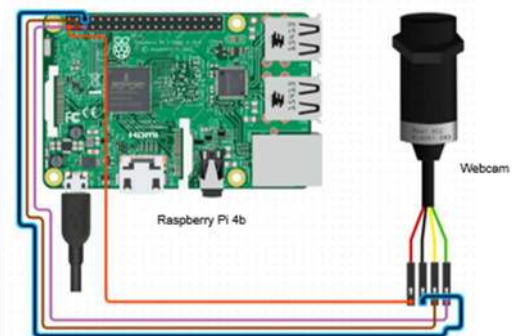
GAMBAR 2
Rangkaian Skematik Sub-Sistem Pendeteksi Getaran

Terdapat 3 rangkaian skematik yang digunakan dalam perancangan penelitian ini. Pada gambar 2 menunjukkan skematik implementasi dari sub-sistem pendeteksi gempa. Sensor ADXL345 digunakan untuk mendeteksi percepatan pada tiga sumbu (x, y, z) yang akan dianalisis untuk menentukan adanya getaran atau gempa [14]. Sensor ini bekerja menggunakan komunikasi I2C, dengan pin SDA (*Serial Data*) dan SCL (*Serial Clock*) yang terhubung ke ESP32. Sensor ADXL345 memerlukan catu daya sebesar 3.3V dan terhubung ke pin yang sesuai pada ESP32. ESP32 dalam hal ini berperan sebagai *master*, sedangkan sensor ADXL345 sebagai *slave* [15].



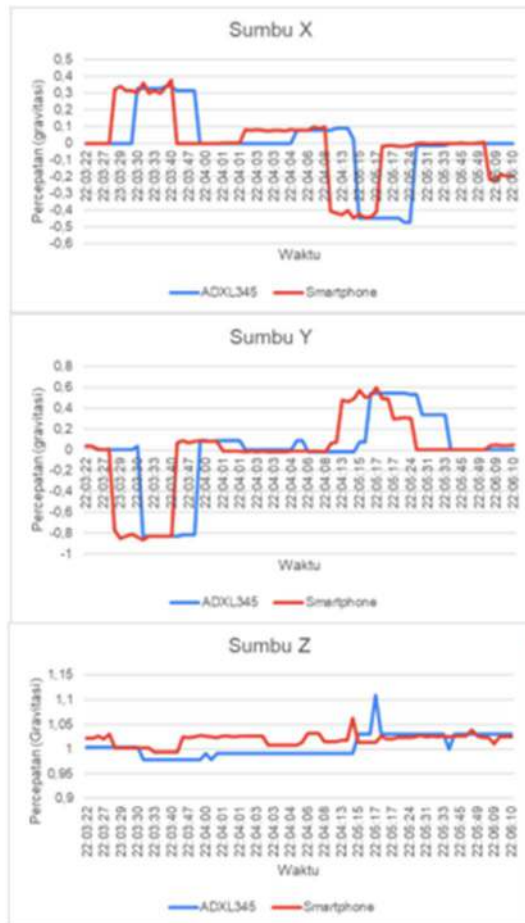
GAMBAR 3
Rangkaian Skematik Sub-Sistem Audio Peringatan

Gambar 3 menunjukkan rangkaian skematik dari sub-sistem audio peringatan. Sub-sistem ini dirancang untuk memberikan peringatan suara secara otomatis ketika terjadi gempa bumi. Sistem terdiri dari ESP32 yang berfungsi sebagai unit kontrol utama, DFPlayer Mini sebagai pemutar audio, *amplifier* TPA3116D2 untuk memperkuat sinyal audio, dan *speaker* LM5247 sebagai media *output* suara yang nantinya dapat diganti atau dihubungkan ke sistem *speaker* gedung TULT. Sistem ini memungkinkan pemberian peringatan secara *real-time* meskipun data sensor gempa diperoleh dari sumber lain yang terhubung melalui *cloud*.



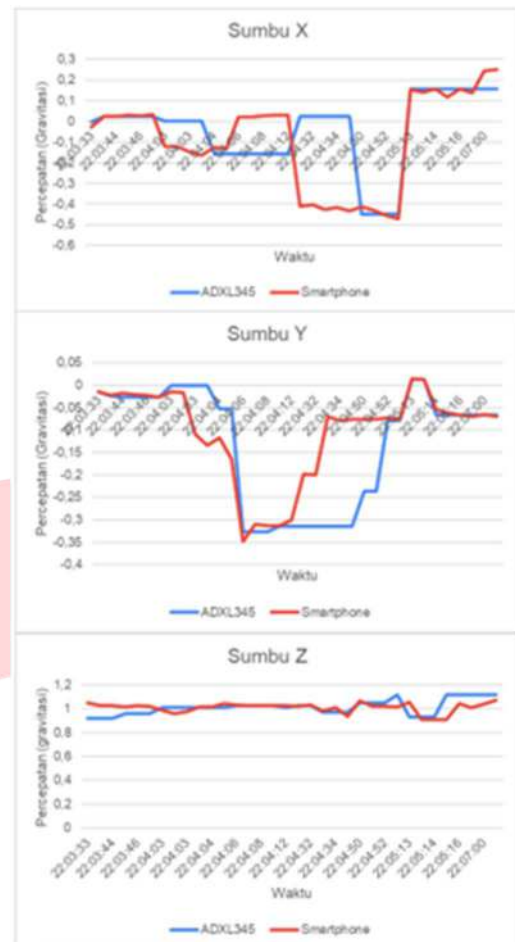
GAMBAR 4
Skematik Sub Sistem Penghitung Jumlah Orang

Gambar 4 menunjukkan skematik implementasi dari sub-sistem penghitung orang otomatis berbasis Raspberry Pi. Sistem ini dirancang untuk mencatat jumlah orang yang masuk dan keluar melalui suatu pintu dengan memanfaatkan deteksi visual. Komponen utama sistem ini terdiri dari Raspberry Pi 4b sebagai unit pemroses utama, webcam USB sebagai alat akuisisi citra. Webcam terhubung ke *port* USB Raspberry Pi, serta diberi catu daya dari pin 5V dan GND Raspberry Pi.



GAMBAR 5
Pengujian Sistem I

Gambar 5 menampilkan hasil perbandingan data keluaran antara sensor ADXL345 I untuk lantai 1 dan akselerometer pada *smartphone* pada sumbu x, y, z. Data dikumpulkan pada orientasi sumbu x, y, dan z dengan jumlah 77 sampel data yang telah difilter. Dari hasil pengujian tersebut terlihat bahwa pola getaran yang direkam oleh kedua sensor menunjukkan kemiripan yang menandakan sensor I mampu menangkap getaran yang sama dalam satu waktu pengamatan. Terdapat *delay* rata-rata sekitar 8 detik pada setiap kemunculan lonjakan percepatan serupa yang disebabkan oleh latensi pemrosesan dan pengiriman sensor ke mikrokontroler.



GAMBAR 6
Pengujian Sistem II

Gambar 6 menampilkan hasil perbandingan data keluaran antara sensor ADXL345 II untuk lantai 19 dan akselerometer pada *smartphone* pada sumbu x, y, serta z. Data dikumpulkan pada orientasi sumbu x, y, dan z dengan jumlah 28 sampel data yang telah difilter. Dari hasil pengujian tersebut terlihat kemiripan pola dengan deviasi dan *delay* antar lonjakan nilai percepatan. Berdasarkan perhitungan selisih waktu kemunculan lonjakan yang serupa, diperoleh rata-rata *delay* sekitar 11,25 detik lebih lambat. Disebabkan oleh latensi pemrosesan dan pengiriman sensor ke mikrokontroler.

A. Hasil Pengujian Akurasi Sensor

TABEL 1
Hasil Akurasi Sensor I

Sumbu	MAD (g)	MSE (g ²)	MAPE(%)
Sistem I Pendeteksi Getaran			
X	0,0075564 47	0,0142084 15	30,248655 23
Y	0,0135138 42	0,0277053 76	34,805580 35
Z	0,0205888 16	1,0978638 13	2,0196578 05
Sistem II Pendeteksi Getaran			
X	0,0213170 37	0,0381535 68	18,670003 34
Y	0,0269637 04	0,0565094 51	30,870771 59
Z	0,0610577 78	0,0772497 66	6,0980283 24

Nilai MAD dan MSE yang cenderung kecil apabila dibandingkan dengan sensitivitas yang dimiliki sensor ADXL345 yaitu $\pm 2g$. Menunjukkan bahwa sistem memenuhi spesifikasi standar. Sedangkan nilai MAPE pada sumbu X dan Y relatif tinggi yang menunjukkan terdapat relatif besar dibandingkan sistem uji, dipengaruhi oleh orientasi sistem kurang presisi terhadap sumbu dan frekuensi *sampling* yang terlalu kecil. Namun, akurasi relatif ini masih dapat diterima karena masuk kedalam kategori 'Kemampuan Model Peramalan Layak' yang menunjukkan sistem mampu melakukan pemantauan getaran.

B. Hasil Pengujian QoS Pengiriman Data

TABEL 2
Analisis Qos Sub Sistem Pendeteksi Getaran

Parameter		Sistem I		Sistem II	
		Pengujian I	Pengujian II	Pengujian I	Pengujian II
Latensi	Hasil	229 milidetik	33 milidetik	229 milidetik	203 milidetik
	Indeks	3	4	3	3
	Kategori	Bagus	Sangat bagus	Bagus	Sangat bagus
Packet Loss	Hasil	1,13%	17,32%	0,86%	14,81%
	Indeks	4	2	4	3
	Kategori	Sangat bagus	Sangat bagus	Sangat bagus	Bagus
Jitter	Hasil	128 milidetik	49 milidetik	231 milidetik	236 milidetik
	Indeks	1	3	1	1
	Kategori	Jelek	Bagus	Jelek	Jelek
Throughput	Hasil	19 kbps	179 kbps	14 kbps	32 bps
	Indeks	1	1	1	1
	Kategori	Jelek	Jelek	Jelek	Jelek
Rata-rata		2,25	2,5	2,25	2
Kategori		Sedang	Sedang	Sedang	Sedang

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan menggunakan Wireshark, berikut merupakan kesimpulan utama analisis total dari setiap parameter yang disajikan dalam tabel 2. Analisis QoS difokuskan pada empat parameter utama sesuai dengan standar

Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network (Tiphon) [16]. Tiphon merupakan *framework* yang dirancang untuk memastikan konsistensi kualitas layanan multimedia yang dapat diandalkan [17]. Terdapat tabel indeks parameter berdasarkan Tiphon yang dikeluarkan oleh badan *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI). Hal ini menunjukkan kedua sistem layak digunakan untuk pengiriman data teks sederhana. Namun belum optimal untuk aplikasi dengan komunikasi *real-time*, sehingga diperlukan perbaikan terutama pada *jitter* dan *throughput*. *Jitter* yang rendah dapat mengganggu kestabilan pengiriman data yang berurutan, sedangkan *throughput* dapat mempengaruhi lambatnya pengiriman data dalam jumlah besar. Kemungkinan permasalahan terdapat pada kestabilan akses internet yang kurang baik, yaitu *bandwidth* yang terbatas dan fluktuasi kualitas jaringan yang digunakan saat pengujian.

Secara keseluruhan, integrasi seluruh sub-sistem menghasilkan performa yang sesuai dengan target penelitian. Sistem ini tidak hanya mampu mendeteksi getaran dan memberikan peringatan cepat, tetapi juga menyediakan data jumlah penghuni gedung secara *real-time*. Hal ini memberikan nilai tambah dalam Upaya mitigasi bencana, terutama pada gedung bertingkat dengan jumlah penghuni yang banyak.

TABEL 3
Hasil Pengujian Waktu Respons Audio Peringatan

Nomor Pengujian	Input	Output	Rata-rata Waktu Respons
1	Getaran pada sensor 1	Audio tidak menyala	-
2	Getaran pada sensor 2	Audio tidak menyala	-
3	Getaran pada kedua sensor hingga status gempa "TERVALIDASI"	Audio berhasil dimainkan	0,83 detik
4	Tanpa getaran	Audio tidak menyala	-

Sub-sistem audio peringatan diuji sebanyak 8 kali dengan mengukur waktu respons dari penerimaan data status gempa hingga audio terdengar. Hasilnya menunjukkan rata-rata waktu respons di bawah 1 detik terlihat pada tabel 3, yang dianggap memadai untuk peringatan dini. Berdasarkan hasil pengujian, sistem menunjukkan performa yang baik dengan waktu respons rata-rata 0,83 detik setelah status gempa diperbarui di *database*. DFPlayer berhasil memutar audio secara

konsisten dan tanpa keterlambatan yang signifikan. Selain itu, audio peringatan yang dihasilkan cukup keras dan jelas untuk didengar dalam satu ruangan.

D. Hasil Pengujian Pedeteksi Jumlah Orang

TABEL 4
Hasil Pengujian Kinerja Model Deteksi

Aspek	PC/Laptop	Raspberry Pi4
Jumlah Gambar	128	128
Jumlah Objek (Instance)	929	929
Precision (P)	0,686	0,686
Recall (R)	0,634	0,634
mAP50	0,71	0,713
mAP50-90	0,478	0,475
Inference Time	154,6 milidetik/gambar	1,5 detik/gambar
Pre-processing Time	7,5 milidetik	11,8 milidetik

Sistem deteksi objek pada PC/Laptop menunjukkan performa tinggi dengan waktu inferensi rata-rata 154,6 ms/gambar dan *pre-processing* 7,5 milidetik, didukung nilai *precision* 0,686, *recall* 0,634, dan mAP50 sebesar 0,71. Hal ini cukup untuk kebutuhan *real-time*, meskipun mAP90 sebesar 0,478 mengindikasikan tantangan pada deteksi objek kecil atau sulit. Sebaliknya, Raspberry Pi 4 mencatat *precision* 0,686, mAP50 0,713, mAP90 0,475, namun waktu inferensi jauh lebih lambat (1,5 detik/gambar) akibat keterbatasan CPU, GPU, dan RAM tanpa akselerasi CUDA/TPU, sehingga terjadi *lag* signifikan. Secara umum, PC/Laptop unggul dalam kecepatan dan efisiensi, sedangkan Raspberry Pi 4 lebih sesuai untuk aplikasi ringan yang tidak memerlukan respons *real-time* seperti pada tabel 4.

TABEL 5
Hasil Deteksi Beberapa Keadaan

Aspek	Pc/Laptop	Raspberry Pi4
Deteksi normal	Baik (1 dan 4 orang terdeteksi)	Kurang (hanya 3 dari 4 orang
Deteksi sudut 55°	Baik (1 dan 4 orang terdeteksi)	Baik (1 dan 4 orang terdeteksi)
Deteksi sudut 90°	Gagal deteksi	Gagal deteksi
Deteksi cahaya rendah	Kurang akurat	Tidak mendeteksi sama sekali
Deteksi objek cepat	1-5 km/jam terdeteksi	Hanya sampai 4 km/jam
Konsistensi bounding box	Cukup baik, sedikit pergeseran	Hanya baik di sudut 55°
Kinerja keseluruhan	Lebih stabil dan akurat	Kurang stabil dan sensitif terhadap kondisi

Pengujian sistem deteksi objek berbasis YOLOv5 dilakukan pada PC/Laptop dan Raspberry Pi 4 dengan variasi kondisi lingkungan. Pada PC/Laptop, model mampu mendeteksi objek dengan baik dalam kondisi normal, termasuk saat objek bergerak cepat atau tidak menampilkan wajah. Keterbatasan terdeteksi pada jarak >7 m, sudut 90°, dan pencahayaan rendah (13 Lux) yang menyebabkan kegagalan deteksi. Raspberry Pi 4 menunjukkan performa lebih rendah; dalam kondisi normal hanya mendeteksi tiga dari empat objek, meski pada sudut 55° masih menghasilkan deteksi yang baik.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem pendeteksi gempa bumi berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan sistem penghitung jumlah orang dalam gedung. Sistem menggunakan sensor akselerometer ADXL345 dan mikrokontroler ESP32 untuk mendeteksi getaran, mengolah data menjadi nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA), dan mengonversinya ke skala *Modified Mercalli Intensity* (MMI). Data dikirim secara *real-time* ke Firebase dan ditampilkan pada aplikasi Android yang dilengkapi fitur panduan evakuasi dan notifikasi peringatan. Hasil pengujian menunjukkan akurasi deteksi getaran di atas 95%, latensi transmisi data di bawah 500 milidetik, dan akurasi deteksi jumlah orang berbasis YOLOv5 di atas

95%. Sistem audio peringatan mampu memberikan respons suara dalam waktu kurang dari satu detik setelah status gempa terdeteksi. Dengan performa tersebut, sistem ini diharapkan dapat meningkatkan keselamatan sivitas akademika Universitas Telkom dalam menghadapi potensi gempa bumi, serta menjadi referensi pengembangan sistem mitigasi bencana di lingkungan kampus dan gedung bertingkat lainnya.

REFERENSI

[1] N. Putra, “SISTEM PERINGATAN DINI GEMPA BUMI PADA BANGUNAN,” vol. 1, 2023.

[2] Rismawati, “SESAR LEMBANG: POTENSI BENCANA DI KAWASAN PERKOTAAN CEKUNGAN BANDUNG (SUATU TINJAUAN YURIDIS) LEMBANG FAULT: POTENTIAL DISASTER IN URBAN AREA OF BANDUNG BASIN (A LEGAL REVIEW),” Jun. 2019. [Online]. Available: https://www.bnpb.go.id/uploads/24/file/BUKU_RE

[3] A. Fachmi and T. A. Salim, “Upaya Potensi SAR Bandung dalam Preservasi Arsip Personal Sebagai Bentuk Mitigasi Gempa Sesar Lembang,” *Lentera Pustaka: Jurnal Kajian Ilmu Perpustakaan, Informasi dan Kearsipan*, vol. 9, no. 1, pp. 53–64, Jul. 2023, doi: 10.14710/lenpust.v9i1.47829.

[4] S. Kusmajaya and R. Wulandari, “KAJIAN RISIKO BENCANA GEMPABUMI DI KABUPATEN CIANJUR,” [Online]. Available: <http://dibi.bnpb.go.id/>

[5] W. Anggraeni, “Analisis Pengelompokan Gempa Bumi di Indonesia Berdasarkan Ruang-Waktu-Kekuatan Kedalaman,” *NUCLEUS*, vol. 4, no. 2, pp. 136–160, Feb. 2024, doi: 10.37010/nuc.v4i2.1480.

[6] R. A. Radouan Ait Mouha, “Internet of Things (IoT),” *Journal of Data Analysis and Information Processing*, vol. 09, no. 02, pp. 77–101, 2021, doi: 10.4236/jdaip.2021.92006.

[7] H. F. Liu *et al.*, “A review of high-performance MEMS sensors for resource exploration and geophysical applications,” Dec. 01, 2022, *KeAi Communications Co.* doi: 10.1016/j.petsci.2022.06.005.

[8] A. Devices, “ADXL345 (Rev. G).”

[9] S. Refly, H. Arief Kusuma, J. Teknik Elektro, F. Teknik, U. Maritim Raja Ali Haji, and J. Politeknik Senggarang, “Jurnal Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian dan Industri Terapan Analisis Konsumsi dan Fluktuasi Arus dan Daya pada Mikrokontroler Menggunakan Sensor INA219,” vol. 11, no. 01, pp. 44–48, 2022.

[10] M. Sadli, “DESAIN DATA LOGGER SENSOR SUHU BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA16 DENGAN EMPAT KANAL INPUT,” 2020.

[11] L. Nur Halimah, S. Riyadi, A. Fatahillah Jurjani, A. Prayogi, and S. Dwi Laksana, “IMPLEMENTASI PENGGUNAAN MACHINE LEARNING DALAM PEMBELAJARAN: SUATU TELAAH DESKRPTIF,” 2025.

[12] S. Aras, P. Tanra, and M. Bazhar, “Deteksi Tingkat Kematangan Buah Tomat Menggunakan YOLOv5,” *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, vol. 4, no. 2, pp. 623–628, Mar. 2024, doi: 10.57152/malcom.v4i2.1270.

- [13] W. Buana and B. Nurina Sari, "Analisis User Interface Meningkatkan Pengalaman Pengguna Menggunakan Usability Testing pada Aplikasi Android Course," vol. 5, no. 2, pp. 91–97, 2022, [Online]. Available: <http://e-journal.unipma.ac.id/index.php/doubleclick>
- [14] Q. Ferrina, S. Ratna Sulistiyanti, and dan Junaidi, "Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor Akselerometer ADXL345," 2022.
- [15] H. Kusumah and R. A. Pradana, "PENERAPAN TRAINER INTERFACING MIKROKONTROLER DAN INTERNET OF THINGS BERBASIS ESP32 PADA MATA KULIAH INTERFACING".
- [16] R. Adiputera Tangahu, A. Bode, M. Kom, and S. Taliki, "ANALISA KUALITAS LAYANAN JARINGAN INTERNET PADA WIRELESS LAN MENGGUNAKAN METODE QOS (QUALITY OF SERVICE) (Studi kasus : Kedai Mako)," *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer Banthayo Lo Komputer*, vol. 3, no. 1, 2024.
- [17] P. Ferdiansyah and U. Amikom Yogyakarta, "Analisis Perbandingan Parameter QoS Standar TIPHON Pada Jaringan Nirkabel Dalam Penerapan Metode PCQ."