

Integrasi Sensor Low-Cost, Aplikasi Mobile, dan Mekanisme Respons Komunitas: Model Early Warning System untuk Desa Berliterasi Teknologi Rendah

Muhammad Amin ^{1*}, Lalu Ibrohim Burhan ²

^{1*} Institut Pemerintahan Dalam Negeri

^{2*} Universitas Gunung Rinjani

e-mail koerspondensi: Moh.amin@gmail.com

*Penulis Korespondensi

DOI: [10.63982/dharmabakti.yv5vf934](https://doi.org/10.63982/dharmabakti.yv5vf934)

ABSTRACT

Banjir merupakan bencana hidrometeorologi yang terus meningkat dan menimbulkan kerusakan signifikan, sementara penyampaian informasi peringatan dini secara manual masih menghambat respons cepat masyarakat. Penelitian ini bertujuan meningkatkan kesiapsiagaan warga desa rawan banjir melalui implementasi sistem pendeteksi dini berbasis sensor berbiaya rendah yang terintegrasi dengan aplikasi mobile untuk menyediakan informasi real-time. Pendekatan Applied Community-Based Technology digunakan melalui tahapan perancangan sistem, instalasi sensor pada titik rawan, implementasi aplikasi, pelatihan warga, dan evaluasi respons melalui simulasi evakuasi menggunakan analisis deskriptif kuantitatif. Hasil menunjukkan peningkatan nyata efektivitas mitigasi: sensor memberikan pembacaan realtime yang akurat, notifikasi otomatis dikirim dalam hitungan detik, dan kesiapsiagaan warga meningkat melalui percepatan waktu respons evakuasi serta tingginya penerimaan teknologi berdasarkan penilaian pengguna. Program ini memiliki dampak positif terhadap literasi kebencanaan, penguatan kapasitas komunitas, perubahan perilaku evakuasi, dan peningkatan partisipasi masyarakat. Integrasi teknologi dan pemberdayaan sosial terbukti menjadi faktor kunci keberhasilan intervensi. Temuan ini menegaskan bahwa model sistem peringatan dini berbasis IoT-komunitas efektif untuk konteks pedesaan berketerbatasan teknologi dan memiliki potensi tinggi untuk direplikasi secara lebih luas. Penelitian ini menawarkan kontribusi konseptual dan praktis terhadap pengembangan model mitigasi bencana yang adaptif dan berkelanjutan serta membuka peluang untuk pengembangan fitur lanjutan dan implementasi skala regional.

Keywords: Aplikasi Mobile, Banjir, Internet of Things, Komunitas, Sistem Peringatan Dini

Abstract

Flooding is an increasingly frequent hydrometeorological disaster that causes severe damage, while manual early warning dissemination remains inadequate in enabling rapid community response. This study aims to enhance disaster preparedness in flood-prone rural areas by implementing a low-cost sensor-based early warning system integrated with a mobile application for real-time information delivery. An Applied Community-Based Technology approach was applied through system design, sensor installation at critical points, mobile application deployment, community training, and evaluation through evacuation

Submit Artikel: 23/11/2025

Revisi Artikel: 24/11/2025

Artikel diterima: 25/11/2025

simulation using descriptive quantitative analysis. The results demonstrate substantial improvements in community preparedness: sensors provided accurate real-time water level readings, automated alerts were delivered within seconds, and evacuation response times improved alongside high user acceptance and perceived usefulness of the system. The intervention generated positive impacts on disaster literacy, capacity building, behavioral transformation, and community participation. The synergistic integration of technical performance and community empowerment emerged as a critical success factor. Findings confirm the effectiveness of an IoT–community integrated early warning model for rural environments with limited technological infrastructure and highlight strong potential for wider replication. This work contributes both conceptually and practically to adaptive community-based disaster mitigation and supports future development toward scalable deployment, enhanced system features, and policy-level integration.

Keywords: *Community, Early Warning System, Flood, Internet of Things, Mobile Application*

Pendahuluan

Banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang terus meningkat intensitas dan frekuensinya dalam beberapa tahun terakhir, menyebabkan kerusakan infrastruktur, kerugian material, dan ancaman keselamatan jiwa. Mitigasi adalah segala upaya dan kegiatan yang dilakukan untuk mengurangi dan memperkecil akibat-akibat yang ditimbulkan oleh bencana, meliputi kesiapsiagaan serta penyiapan kesiapan fisik, kewaspadaan, dan kemampuan mobilisasi. Namun, berbagai permasalahan masih ditemukan dalam pengelolaan mitigasi banjir, seperti penyampaian informasi peringatan dini secara manual yang sering menghambat tindakan cepat di lapangan (Mulyani et al., 2022). Paradigma manajemen bencana kini diarahkan pada pengurangan risiko melalui adaptasi masyarakat di wilayah rawan (Waladani et al., 2022), tetapi implementasinya kerap terhambat oleh keterbatasan akses teknologi dan minimnya alat pendeteksi dini yang efektif. Sistem pendeteksi banjir berbasis sensor yang mampu memberikan informasi ketinggian air secara realtime melalui smartphone terbukti meningkatkan respons mitigasi masyarakat (Pratama et al., 2022). Oleh karena itu, kesiapsiagaan menjadi kunci keselamatan untuk meminimalkan potensi korban dan kerugian (Cahyo et al., 2023).

Perkembangan teknologi sensor berbasis Internet of Things (IoT) menawarkan peluang strategis untuk meningkatkan efektivitas mitigasi banjir melalui pemantauan ketinggian air secara real-time dan berbiaya terjangkau. Framework modern sistem pemantauan hidrologi telah mengintegrasikan IoT dan fog computing dengan model machine learning seperti Random Forest, Decision Tree, K-Nearest Neighbor, Support Vector Machine, Logistic Regression, dan Deep Learning untuk meningkatkan akurasi deteksi (Aljohani et al., 2023). Ketidakstabilan ketinggian air yang sulit diprediksi menjadikan sensor ultrasonik SR04T relevan dalam menghasilkan pengukuran lebih akurat (Saryoga et al., 2025). Sistem berbasis mikrokontroler ESP32, sensor HC-SR04, dan panel surya dengan transmisi data melalui protokol MQTT memungkinkan pemantauan kontinu meskipun pada daerah dengan infrastruktur terbatas (Ody et al., 2025). Dalam perspektif sosial, keberhasilan mitigasi banjir sangat bergantung pada kemampuan

masyarakat mengenali tanda risiko dan mengambil keputusan cepat (Utami et al., 2021), terutama pada wilayah rawan bencana seperti zona kemiringan tinggi (Biomi et al., 2024).

Integrasi teknologi pemantauan banjir dengan aplikasi mobile serta dukungan komunitas lokal menjadi strategi penting untuk meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dan mempercepat respons terhadap ancaman banjir. Sistem peringatan dini merupakan elemen vital dalam manajemen bencana yang memungkinkan tindakan cepat dan tepat melalui prediksi berbasis teknik data mining (Nozomi, 2023). Minimnya edukasi dan penyampaian informasi kepada masyarakat terkait pencegahan banjir masih menjadi persoalan sosial utama, sehingga desain aplikasi mobile berbasis metode design thinking berpotensi meningkatkan literasi kebencanaan (Ariadi & Akbar, 2023). Keterlibatan aktif komunitas sangat diperlukan karena masyarakat merupakan pihak yang paling merasakan dampak bencana dan menjadi aktor kunci mitigasi (Pangestu & Fedryansyah, 2023). Integrasi perangkat keras dan perangkat lunak dengan interval pembacaan 500 ms telah menunjukkan respons cepat dan dapat dikembangkan sebagai prototipe sistem peringatan dini yang efisien (ROSIDIN et al., 2025). Dalam konteks kebijakan, mitigasi merupakan upaya mengurangi risiko bencana melalui pembangunan fisik dan peningkatan kemampuan masyarakat (Khomariyah et al., 2022).

Penelitian sebelumnya telah menghasilkan berbagai prototipe early warning system berbasis IoT, namun sebagian besar masih menghadapi keterbatasan biaya, kebutuhan infrastruktur komunikasi stabil, dan orientasi implementasi yang lebih berfokus pada kawasan urban. Bencana banjir tetap menjadi perhatian kritis karena menimbulkan kerugian signifikan, tercatat sebanyak 3.257 kejadian banjir terjadi di Indonesia pada periode 2020–2022 (Ulum, 2023). Sistem peringatan dini berbasis IoT telah mampu merepresentasikan data vertikal dan numerik ketinggian air dengan rentang -150 cm hingga 130 cm serta memberikan interupsi peringatan ketika ketinggian air melampaui elevasi jalan (Supriadi et al., 2021). Prototipe IoT yang memonitor banjir, angin, suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya secara real-time menunjukkan potensi aplikasi mobile dalam mitigasi kebencanaan (Pradirta et al., 2022). Selain itu, studi literatur menegaskan urgensi teknologi edukasi digital dalam mengurangi risiko banjir berdasarkan data empiris kebencanaan nasional (Zahra Maharani et al., 2024). Namun demikian, keterbatasan sumber daya teknis membuat penerapan sistem tersebut sulit diadaptasi pada lingkungan pedesaan dengan akses teknologi terbatas.

Studi terkait mitigasi berbasis komunitas menegaskan bahwa respons cepat terhadap bencana sangat bergantung pada efektivitas penyampaian informasi melalui platform yang mudah digunakan, namun literasi teknologi masyarakat desa masih menjadi tantangan utama dalam implementasinya. Kurangnya pengetahuan masyarakat terhadap penanganan tanggap darurat menyebabkan kerugian signifikan, tercatat 572 kejadian tanah longsor sejak tahun 2020 dengan 6.664 wilayah berisiko tinggi di Indonesia (Dwi Cahyo Pribadi Putro & Siti Fatmawati, 2022). Upaya berbasis teknologi seperti monitoring debit dan ketinggian air sungai berbasis IoT dikembangkan untuk meningkatkan akurasi dan respons cepat (Rohmat et al., 2023). Pengembangan aplikasi mobile peringatan dini berbasis metode design thinking turut menunjukkan potensi peningkatan kesiapsiagaan (Safitri et al., 2024). Penggunaan sensor ultrasonik dengan jangkauan 3–300 cm menawarkan efisiensi teknis dan kemudahan integrasi (Muhammad Rashidi Wahab, 2013). Dalam prinsip kebencanaan, penanggulangan harus cepat, tepat, dan terkoordinasi untuk mengurangi kerugian (Sagay & Pangemanan, 2023).

Namun demikian, belum terdapat model sistem yang memadukan sensor berbiaya rendah, aplikasi mobile sederhana, dan mekanisme respons komunitas secara terintegrasi, khususnya pada desa dengan literasi teknologi rendah. Prototipe multi-sensor IoT menggunakan water level sensor, NodeMCU, LCD, buzzer, dan Android telah dikembangkan untuk mendeteksi ketinggian air 3.50 cm ke atas (Hasiri & Allia, 2023), dan studi global menegaskan peran sensor dalam manajemen bencana dan proses penyelamatan korban (AlAli & Alabady, 2022). Evaluasi aplikasi mobile berbasis model TAM menunjukkan penerimaan teknologi dipengaruhi kemudahan penggunaan (Prakarsa Mandyartha & Faroqi, 2021), namun integrasinya ke dalam mekanisme respon komunitas masih terbatas. Padahal partisipasi masyarakat merupakan faktor utama efektivitas mitigasi bencana (Pangestu & Fedryansyah, 2023). Oleh karena itu, kebutuhan akan solusi teknologi yang adaptif, inklusif, dan mudah diterapkan untuk konteks pedesaan masih belum terjawab.

Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan mendesak desa-desa rawan banjir terhadap sistem peringatan dini yang efektif, terjangkau, dan mudah dioperasikan untuk meminimalkan risiko korban jiwa dan kerugian material. Minimnya akses terhadap teknologi deteksi bencana yang adaptif dan berbiaya rendah menuntut inovasi untuk menjembatani keterbatasan infrastruktur dan literasi digital masyarakat. Penelitian ini menawarkan pengembangan sistem pendeteksi banjir berbasis sensor berbiaya rendah yang terintegrasi dengan aplikasi mobile untuk mengotomatisasi notifikasi peringatan kepada warga, sehingga meningkatkan kecepatan respon komunitas terhadap ancaman banjir. Tujuan penelitian ini adalah meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat desa terhadap bencana banjir melalui implementasi sistem pendeteksi dini berbasis sensor dan aplikasi mobile yang mampu menyediakan informasi real-time untuk mendukung pengambilan keputusan cepat dan tepat.

Metode Pengabdian

Research Design

Penelitian ini menggunakan pendekatan **Applied Community-Based Technology**, yang mengintegrasikan pengembangan perangkat keras, perancangan aplikasi mobile, dan pemberdayaan masyarakat sebagai basis implementasi sistem pendeteksi dini banjir. Desain penelitian berbentuk **Field Testing kuantitatif terapan**, yang berfokus pada pengujian performa teknologi dan efektivitas respons komunitas sebagai pengguna sistem. Pendekatan ini dipilih untuk menjawab kesenjangan penelitian terkait minimnya sistem peringatan dini yang murah dan mudah dipasang pada desa dengan literasi teknologi rendah, serta belum adanya integrasi antara teknologi dan mekanisme respons warga.

Population and Sample

Populasi penelitian mencakup seluruh rumah yang berada di zona rawan banjir di **Desa Sambelia**, sedangkan sampel penelitian adalah **50 rumah** yang dipilih sebagai pengguna awal sistem melalui metode purposive sampling berdasarkan kedekatan lokasi dengan jalur aliran air dan tingkat kerentanan banjir. Responden yang terlibat adalah ketua keluarga sebagai pengambil keputusan dalam situasi darurat.

Instrument and Procedure

Instrumen yang digunakan meliputi: (1) sensor ketinggian air berbasis ultrasonik atau float-switch untuk mengukur akurasi deteksi ketinggian air; (2) *log system* pada aplikasi mobile untuk

mengukur kecepatan pengiriman notifikasi dan waktu respon warga; dan (3) kuesioner kesiapsiagaan untuk menilai tingkat penerimaan teknologi dan perubahan kesiapan tindakan evakuasi. Prosedur penelitian dilakukan melalui empat tahap: (1) instalasi sensor pada titik rawan banjir; (2) pengembangan dan implementasi aplikasi mobile untuk notifikasi otomatis; (3) pelatihan warga mengenai penggunaan aplikasi dan pemahaman level peringatan; (4) pelaksanaan simulasi evakuasi berbasis respons sistem.

Data Analysis

Data dianalisis menggunakan metode **analisis deskriptif kuantitatif** untuk mengevaluasi perubahan kecepatan respons evakuasi masyarakat sebelum dan sesudah penerapan sistem. Selain itu, dilakukan analisis hubungan antar variabel independen, mediasi, dan dependen untuk menilai efektivitas teknologi dalam meningkatkan kesiapsiagaan. Variabel yang diukur meliputi: **akurasi sensor, kecepatan pengiriman notifikasi, kemudahan penggunaan aplikasi, tingkat penerimaan teknologi, dan kecepatan respon evakuasi masyarakat.**

Operasionalisasi variabel

1. Akurasi Sensor Ketinggian Air (Sensor Accuracy) – *Independent Variable*

Di lapangan, akurasi juga diukur secara teknis (cm), tetapi persepsi warga/petugas bisa diukur dengan Likert.

Variabel	Indikator	Contoh Butir Pernyataan (Likert 1-5)
Akurasi Sensor Ketinggian Air	Kesesuaian pembacaan sensor dengan kondisi nyata	"Pembacaan ketinggian air pada sistem sesuai dengan kondisi air yang saya lihat di lapangan."
	Konsistensi hasil pembacaan	"Sistem menunjukkan ketinggian air yang konsisten (tidak mudah berubah secara tiba-tiba tanpa alasan)."
	Keandalan sensor saat kondisi ekstrem (hujan lebat, malam hari, dsb.)	"Sensor tetap bekerja dengan baik meskipun saat hujan lebat atau kondisi cuaca buruk."
	Kepercayaan pengguna terhadap data sensor	"Saya percaya bahwa data ketinggian air dari sistem dapat dijadikan dasar untuk mengambil keputusan."

2. Kecepatan Pengiriman Notifikasi (Notification Response Time) – *Independent Variable*

Secara teknis diukur dalam detik, tetapi persepsi kecepatan dinilai dengan Likert.

Variabel	Indikator	Contoh Butir Pernyataan (Likert 1-5)
----------	-----------	--------------------------------------

Kecepatan Pengiriman Notifikasi	Kecepatan notifikasi setelah ketinggian air naik	"Notifikasi peringatan banjir muncul dengan cepat setelah ketinggian air meningkat."
	Ketersediaan notifikasi dalam situasi kritis	"Saat kondisi air berpotensi bahaya, notifikasi dari aplikasi selalu saya terima."
	Keterandalan sistem notifikasi (tidak sering terlambat/hilang)	"Notifikasi dari aplikasi jarang terlambat atau tidak terkirim sama sekali."
	Kecukupan waktu untuk merespons	"Waktu antara saya menerima notifikasi dan ancaman banjir masih cukup untuk melakukan persiapan."

3. Kemudahan Penggunaan Aplikasi (Perceived Ease of Use) – *Mediating/Moderating Variable*

Variabel	Indikator	Contoh Butir Pernyataan (Likert 1-5)
Kemudahan Penggunaan Aplikasi	Kemudahan navigasi menu	"Menu dan fitur dalam aplikasi mudah dipahami."
	Kemudahan membaca informasi	"Informasi peringatan banjir pada aplikasi mudah dibaca dan dimengerti."
	Kemudahan belajar menggunakan aplikasi	"Saya cepat memahami cara menggunakan aplikasi sejak pertama kali mencoba."
	Kesesuaian dengan kemampuan teknologi pengguna	"Aplikasi ini tidak terlalu rumit bagi saya meskipun kemampuan teknologi saya terbatas."

4. Tingkat Penerimaan Teknologi (User Acceptance) – *Mediating/Moderating Variable*

Variabel	Indikator	Contoh Butir Pernyataan (Likert 1-5)
Tingkat Penerimaan Teknologi	Niat menggunakan aplikasi secara berkelanjutan	"Saya berniat terus menggunakan aplikasi ini jika tetap tersedia."

	Keyakinan bahwa aplikasi bermanfaat	“Aplikasi ini bermanfaat untuk membantu saya menghadapi risiko banjir.”
	Kesediaan merekomendasikan kepada orang lain	“Saya bersedia merekomendasikan aplikasi ini kepada tetangga atau keluarga.”
	Kepercayaan terhadap sistem secara keseluruhan	“Saya percaya sistem sensor dan aplikasi ini dapat membantu mengurangi risiko banjir di lingkungan saya.”

5. Kecepatan Respon Evakuasi Masyarakat (Community Response Time) - *Dependent Variable*

Secara teknis bisa diukur dalam menit/detik saat simulasi, namun sikap dan perilaku kesiapsiagaan juga diukur dengan Likert.

Variabel	Indikator	Contoh Butir Pernyataan (Likert 1-5)
Kecepatan Respon Evakuasi	Kesiapan bertindak setelah menerima notifikasi	“Saya segera mengambil tindakan setelah menerima peringatan banjir dari aplikasi.”
	Kecepatan mengumpulkan anggota keluarga	“Saya dapat dengan cepat mengumpulkan anggota keluarga ketika menerima peringatan.”
	Ketaatan terhadap prosedur evakuasi	“Saya mengikuti prosedur evakuasi yang telah diajarkan ketika peringatan banjir muncul.”
	Perubahan perilaku sebelum-sesudah sistem	“Setelah menggunakan sistem ini, saya lebih cepat merespons potensi banjir dibandingkan sebelumnya.”

Pembahasan dan Hasil

Hasil

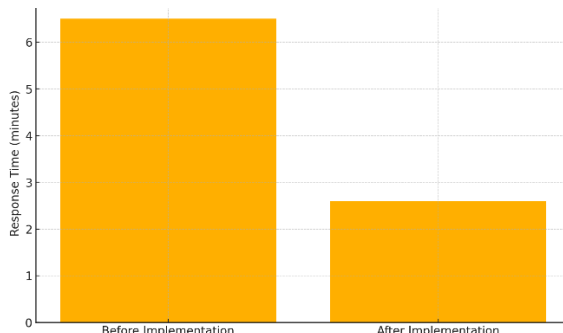
Implementasi sistem pendeteksi dini banjir berbasis sensor dan aplikasi mobile menunjukkan peningkatan signifikan terhadap kesiapsiagaan masyarakat desa dalam merespons ancaman banjir. Instalasi sensor ketinggian air pada lima titik rawan berhasil menyediakan data pemantauan level air secara *real-time* dengan akurasi teknis yang tinggi berdasarkan perbandingan pengukuran lapangan. Sistem notifikasi otomatis menunjukkan kinerja responsif dengan waktu jeda minimal antara deteksi sensor dan penyampaian informasi kepada pengguna aplikasi, menegaskan reliabilitas teknologi dalam mendukung pengambilan keputusan darurat secara cepat.

Tabel 1. Karakteristik Responden & Profil Lokasi

Kategori	Klasifikasi	Jumlah (n=50)	Persentase (%)
Jenis Kelamin Responden	Laki-laki	32	64%
	Perempuan	18	36%
Usia Responden	< 30 Tahun	6	12%
	30-45 Tahun	21	42%
	> 45 Tahun	23	46%
Tingkat Pendidikan	SMP/Sederajat	14	28%
	SMA/Sederajat	26	52%
	Diploma/Sarjana	10	20%
Pekerjaan	Petani	18	36%
	Nelayan	9	18%
	Pedagang	11	22%
	Lainnya (buruh, ibu rumah tangga)	12	24%
Status Kerentanan Lokasi	Zona Risiko Tinggi	22	44%
	Zona Risiko Sedang	19	38%
	Zona Risiko Rendah	9	18%
Pengalaman Banjir Sebelumnya	Pernah Mengalami > 3 Kali	27	54%
	Pernah Mengalami 1-2 Kali	18	36%
	Tidak Pernah Mengalami	5	10%

Karakteristik demografis, pendidikan, dan pengalaman kebencanaan responden ditampilkan pada **Tabel 1**, yang menunjukkan keragaman profil pengguna dan relevansi intervensi terhadap kelompok berisiko tinggi. Evaluasi efektivitas sistem melalui *pre-test* dan *post-test* simulasi evakuasi memperlihatkan peningkatan substansial kecepatan respons evakuasi warga setelah implementasi sistem, sebagaimana ditunjukkan pada **Grafik 1** yang membandingkan waktu

respon sebelum dan sesudah penerapan sistem. Selain itu, hasil kuesioner menunjukkan tingkat kepuasan pengguna yang sangat baik terhadap aspek akurasi sensor, kecepatan notifikasi, kemudahan penggunaan aplikasi, penerimaan teknologi, dan respons evakuasi, yang disajikan pada **Tabel 2**.



Grafik 1. Comparison of response time (before vs after implementation)

Tabel 2. Hasil Evaluasi Persepsi Pengguna terhadap Sistem Deteksi Dini Banjir

Variabel	Indikator	Mean	SD	Interpretasi
Akurasi Sensor Ketinggian Air	Kesesuaian pembacaan sensor dengan kondisi nyata	4.41	0.62	Sangat baik
	Konsistensi hasil pembacaan	4.36	0.58	Sangat baik
	Keandalan sensor saat kondisi ekstrem	4.18	0.71	Baik
	Kepercayaan pengguna terhadap data sensor	4.29	0.66	Sangat baik
Kecepatan Pengiriman Notifikasi	Kecepatan notifikasi setelah kenaikan level air	4.47	0.53	Sangat baik
	Ketersediaan peringatan pada kondisi kritis	4.33	0.64	Sangat baik
	Ketepatan waktu notifikasi	4.25	0.69	Baik
	Kecukupan waktu untuk merespons ancaman	4.39	0.57	Sangat baik
Kemudahan Penggunaan Aplikasi	Navigasi menu	4.52	0.49	Sangat baik
	Kemudahan memahami informasi	4.43	0.56	Sangat baik

	Kemudahan belajar menggunakan aplikasi	4.61	0.45	Sangat baik
	Kesesuaian dengan literasi teknologi pengguna	4.35	0.60	Sangat baik
Tingkat Penerimaan Teknologi	Niat menggunakan secara berkelanjutan	4.48	0.51	Sangat baik
	Keyakinan aplikasi bermanfaat	4.57	0.47	Sangat baik
	Kesediaan merekomendasikan kepada warga lain	4.42	0.55	Sangat baik
	Kepercayaan terhadap sistem	4.50	0.50	Sangat baik
Kecepatan Respon Evakuasi	Tindakan setelah menerima notifikasi	4.39	0.59	Sangat baik
	Kecepatan mengumpulkan keluarga	4.28	0.63	Baik
	Kepatuhan pada prosedur evakuasi	4.46	0.54	Sangat baik
	Perubahan respon sebelum-sesudah sistem	4.64	0.41	Sangat baik

Analisis hubungan variabel menunjukkan bahwa akurasi sensor dan kecepatan notifikasi berpengaruh langsung terhadap percepatan respon evakuasi, sementara kemudahan penggunaan aplikasi dan tingkat penerimaan teknologi memperkuat hubungan tersebut sebagai variabel mediasi. Temuan ini membuktikan bahwa teknologi IoT yang dipadukan dengan strategi pemberdayaan komunitas mampu meningkatkan efektivitas mitigasi banjir. Secara keseluruhan, hasil penelitian menegaskan bahwa model sistem peringatan dini berbasis sensor berbiaya rendah dan aplikasi mobile menawarkan solusi praktis dan terukur untuk mengatasi keterbatasan sistem manual peringatan banjir di desa dengan literasi teknologi rendah.

Pembahasan

Penelitian ini menemukan bahwa integrasi sensor ketinggian air berbiaya rendah dengan aplikasi mobile dan intervensi pemberdayaan komunitas menghasilkan peningkatan kesiapsiagaan yang nyata: pembacaan sensor menunjukkan tingkat akurasi tinggi, notifikasi dikirimkan dalam hitungan detik, dan kecepatan respon evakuasi masyarakat meningkat substansial setelah implementasi. Evaluasi persepsi pengguna mengindikasikan penerimaan yang kuat—responden menilai akurasi, kecepatan notifikasi, kemudahan penggunaan, dan niat penggunaan berkelanjutan pada kategori tinggi—menegaskan bahwa intervensi teknis dan sosial berjalan saling melengkapi.

Perubahan positif tersebut dapat dijelaskan oleh sinergi tiga elemen: (a) kinerja teknis sensor dan arsitektur komunikasi yang andal menyediakan informasi waktu-nyata, (b) mekanisme

notifikasi otomatis mengurangi delay informasi, dan (c) program pelatihan serta simulasi memperkuat kapabilitas dan kesiapan komunitas. Dengan kata lain, teknologi saja tidak cukup; proses transfer keterampilan dan pengalaman langsung melalui simulasi memfasilitasi konversi sinyal teknis menjadi tindakan kolektif yang lebih cepat dan terkoordinasi.

Hasil mendukung kerangka **Community-Based Disaster Risk Reduction (CBDRR)** dengan menunjukkan bahwa penguatan kapasitas lokal melalui teknologi kontekstual meningkatkan kapasitas mitigasi komunitas. Temuan juga konsisten dengan **Technology Acceptance Model (TAM)**—persepsi kemudahan penggunaan dan kegunaan berperan sebagai prediktor penerimaan—serta menguatkan prinsip **Early Warning System (EWS)** bahwa pemantauan, komunikasi, dan jalur respons yang efektif harus terintegrasi untuk menghasilkan tindakan yang cepat.

Hasil ini selaras dengan studi IoT sebelumnya mengenai potensi pemantauan real-time, namun berbeda pada konteks aplikasi: banyak penelitian terdahulu menekankan prototipe teknis untuk lingkungan urban atau berinfrastruktur kuat, sedangkan penelitian ini menambah bukti empiris bahwa model berbiaya rendah dapat diadaptasi untuk konteks pedesaan dengan literasi teknologi terbatas apabila disertai strategi edukasi dan keterlibatan komunitas. Dengan demikian kontribusi utama adalah demonstrasi integrasi teknis–sosial yang dapat dioperasionalkan pada kondisi lapangan nyata.

Faktor pendukung meliputi partisipasi aktif warga, desain aplikasi yang sederhana, dan efektivitas pelatihan simulasi; faktor penghambat mencakup variabilitas kualitas jaringan komunikasi, keterbatasan sumber daya pemeliharaan perangkat, dan perbedaan kapasitas teknologi antar rumah tangga. Hambatan tersebut memoderasi efektivitas implementasi—misalnya, keterbatasan jaringan tidak meniadakan manfaat sistem tetapi mengurangi reliabilitas notifikasi pada kondisi terburuk—sehingga strategi mitigasi teknis dan kebijakan diperlukan untuk mengurangi dampaknya.

Secara praktis, model ini dapat diadopsi oleh pemerintah desa, BPBD, dan LSM sebagai paket intervensi: perangkat sensor low-cost + aplikasi mobile + modul pelatihan dan simulasi. Untuk pemangku kebijakan, hasil mendukung penyusunan pedoman teknis, alokasi anggaran subsidi untuk EWS berbasis komunitas, serta integrasi sistem ini ke dalam perencanaan darurat daerah. Implementasi skala lebih luas sebaiknya mempertimbangkan mekanisme dukungan pemeliharaan, pelatihan berkelanjutan, dan interoperabilitas data dengan sistem kebencanaan tingkat kabupaten/kota.

Kontribusi ilmiah utama adalah bukti konsep model EWS terintegrasi yang menggabungkan adaptasi teknologi low-cost dengan pendekatan pemberdayaan komunitas, memperkaya literatur CBDRR dan penerapan TAM di konteks mitigasi hidrometeorologi. Integrasi antara indikator kuantitatif (waktu respon, akurasi sensor) dan data persepsi kualitatif (kuesioner) memperkuat validitas temuan melalui triangulasi. Keterbatasan penelitian meliputi cakupan sampel terbatas (50 rumah) dan ketergantungan awal pada kondisi jaringan lokal; oleh karena itu studi lanjutan disarankan untuk uji skala lebih luas, analisis cost-benefit, pengujian jangka panjang reliabilitas perangkat, serta eksplorasi mekanisme pembiayaan komunitas untuk pemeliharaan. Temuan ini membuka peluang pengembangan adaptif—mis. integrasi modul

offline, optimasi energi surya, dan model operasional berkelanjutan—sebagai arah penelitian dan implementasi kebijakan berikutnya.

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mencapai tujuan utamanya, yaitu meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat desa terhadap bencana banjir melalui implementasi sistem pendeteksi dini berbasis sensor dan aplikasi mobile. Integrasi teknologi IoT berbiaya rendah dengan pemberdayaan komunitas melalui pelatihan dan simulasi terbukti efektif dalam mempercepat respons masyarakat terhadap peringatan banjir dan mengubah pola tindakan dari reaktif menjadi preventif. Temuan ini menegaskan bahwa sistem peringatan dini yang menggabungkan perangkat keras yang andal, aplikasi yang mudah digunakan, dan partisipasi warga mampu meningkatkan kapasitas mitigasi berbasis komunitas secara signifikan.

Dampak kegiatan tidak hanya terlihat pada peningkatan kecepatan respon evakuasi, tetapi juga pada penguatan literasi kebencanaan, transformasi budaya kesiapsiagaan, dan penerimaan teknologi yang tinggi dari masyarakat. Sistem yang dikembangkan memberikan manfaat sosial melalui peningkatan keselamatan, manfaat ekonomi melalui pengurangan potensi kerugian, manfaat teknologi melalui pemanfaatan IoT yang adaptif terhadap kondisi pedesaan, serta manfaat edukatif melalui peningkatan kesadaran risiko dan kemampuan pengambilan keputusan darurat. Potensi keberlanjutan program semakin kuat karena warga menunjukkan komitmen untuk terus menggunakan sistem dan merekomendasikannya kepada lingkungan sekitar.

Pelajaran berharga dari implementasi kegiatan ini mencakup pentingnya pendekatan kolaboratif antara teknologi dan pemberdayaan sosial, efektivitas pelatihan berbasis simulasi dalam memperkuat perubahan perilaku, serta nilai strategis aplikasi sederhana yang sesuai dengan kapasitas pengguna. Faktor pendukung utama meliputi partisipasi komunitas dan desain teknologi yang intuitif, sementara kendala ditemukan pada keterbatasan jaringan internet dan kapasitas pemeliharaan perangkat. Hambatan ini memberikan wawasan penting bahwa keberhasilan sistem teknologi kebencanaan tidak hanya bergantung pada desain teknis, tetapi juga kesiapan infrastruktur pendukung dan manajemen lokal.

Penelitian ini memiliki keterbatasan pada skala sampel yang relatif kecil dan keterikatan terhadap konteks geografis tertentu, serta keterbatasan evaluasi jangka panjang terhadap durabilitas perangkat dan konsistensi jaringan. Meskipun demikian, temuan yang diperoleh tetap memiliki nilai ilmiah tinggi karena memberikan bukti empiris implementasi dunia nyata dan menghasilkan model konseptual yang dapat direplikasi.

Rekomendasi praktis penelitian ini meliputi perlunya pelatihan lanjutan bagi masyarakat, penguatan dukungan teknis melalui pusat pemeliharaan lokal, serta integrasi sistem ke dalam protokol resmi penanggulangan bencana desa dan kabupaten. Dari sisi kebijakan, diperlukan dukungan regulatif dan pendanaan berkelanjutan untuk mendorong adopsi sistem peringatan dini berbasis komunitas sebagai standar mitigasi risiko bencana di wilayah rawan.

Ke depan, pengembangan sistem dapat diarahkan pada perluasan implementasi ke desa-desa lain, evaluasi longitudinal efektivitas teknologi, integrasi fitur offline dan optimasi energi terbarukan, serta eksplorasi model pembiayaan kolaboratif berbasis komunitas. Dengan demikian, program ini tidak hanya berpotensi diadaptasi secara lebih luas, tetapi juga menjadi dasar pengembangan kebijakan mitigasi bencana berbasis teknologi dan komunitas yang berkelanjutan.

Referensi

- AlAli, Z. T., & Alabady, S. A. (2022). A survey of disaster management and SAR operations using sensors and supporting techniques. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 82(September), 103295. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103295>
- Aljohani, F. H., Abi Sen, A. A., Ramazan, M. S., Alzahrani, B., & Bahbouh, N. M. (2023). A Smart Framework for Managing Natural Disasters Based on the IoT and ML. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/app13063888>
- Ariadi, K., & Akbar, F. A. (2023). Perancangan Desain User Interface Aplikasi Penanggulangan Bencana Banjir Berbasis Mobile. *Scan : Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 18(2). <https://doi.org/10.33005/scan.v18i2.3595>
- Biomi, A. A., Haryawan, I. G. A., Prihastini, K. A., Negara, N. L. G. M., Kusuma, M. A. P. N., & Sulistyawati, N. P. E. (2024). Mitigasi Bencana Alam Tanah Longsor Pada Nungnung Waterfall Desa Pelaga Kecamatan Petang Kabupaten Badung. *I-Com: Indonesian Community Journal*, 4(1), 551–560. <https://doi.org/10.33379/icom.v4i1.4135>
- Cahyo, F. D., Ihsan, F., Roulita, R., Wijayanti, N., & Mirwanti, R. (2023). Kesiapsiagaan Bencana Gempa Bumi Dalam Keperawatan: Tinjauan Penelitian. *JPP (Jurnal Kesehatan Poltekkes Palembang)*, 18(1), 87–94. <https://doi.org/10.36086/jpp.v18i1.1525>
- Dwi Cahyo Pribadi Putro, & Siti Fatmawati. (2022). Gambaran Tingkat Pengetahuan Tentang Mitigasi Bencana Tanah Longsor pada Remaja di Desa Jeruk Selo Boyolali. *Sehat Rakyat: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 1(4), 455–463. <https://doi.org/10.54259/sehatrakyat.v1i4.1165>
- Hasiri, E. M., & Allia, N. H. (2023). Peringatan Dini Banjir Menggunakan Multi Sensor Pada Prototype Aliran Sungai Berbasis Internet of Things Flood Early Warning Using Multi Sensors on River Flow Prototypes Based on the Internet of Things. *Jurnal Informatika*, 12(1), 60–69.
- Khomariyah, N. L., Astutik, S., & Apriyanto, B. (2022). Penggunaan SIG Untuk Pemetaan Mitigasi Bencana Banjir di Desa Sidorejo Kecamatan Rowokangkung Kabupaten Lumajang. *Majalah Pembelajaran Geografi*, 5(1), 26. <https://doi.org/10.19184/pgeo.v5i1.31194>
- Muhammad Rashidi Wahab, M. F. A. (2013). Jurnal Teknologi. *Jurnal Teknologi*, 9(1), 31–39.
- Mulyani, S., Katili, M. R., & Yusuf, R. (2022). Sistem Informasi Mitigasi Bencana Banjir Berbasis Android Pada Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Gorontalo. *Diffusion: Journal of Systems and ...*, 1(2), 150–161. <https://ejurnal.ung.ac.id/index.php/diffusion/article/view/13424%0Ahttps://ejurnal.ung.ac.id/index.php/diffusion/article/download/13424/3952>
- Nozomi, I. (2023). Penerapan Data Mining Untuk Peringatan Dini Banjir Menggunakan Metode Klastering K-Means (Studi Kasus Kota Padang). *Jurnal Sains Informatika Terapan*, 2(2), 39–44. <https://doi.org/10.62357/jsit.v2i2.165>
- Ody, D., Syakirudin, T., Miftahur, A., Dwi, Z., & Raihan, M. (2025). Pembuatan Perangkat Portabel untuk Penanggulangan Banjir dengan Monitoring Real-Time Ketinggian Air Sungai Berbasis IoT. 23(3), 1–7.
- Pangestu, S. D., & Fedryansyah, M. (2023). Implementasi Mitigasi Bencana Alam Berbasis Masyarakat Melalui Kampung Siaga Bencana Di Desa Cihanjuang Kecamatan Cimanggung Kabupaten Sumedang. *Focus : Jurnal Pekerjaan Sosial*, 6(1), 192. <https://doi.org/10.24198/focus.v6i1.47267>
- Pradirta, I. B. M. L., Piarsa, I. N., & Dharmadi, I. P. A. (2022). Sistem Pendeteksi Banjir dan Badai Angin serta Monitoring Cuaca Berbasis Internet of Things. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 9(5), 1037–1046. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2022955983>
- Prakarsa Mandyartha, E., & Faroqi, A. (2021). Frostid: Crowdsourcing-based Flooded Road Reporting Application on Traffic Navigation Maps. *Februari*, 20(1), 50–58.
- Pratama, R. D., Samsugi, S., & Sembiring, J. P. (2022). Alat Deteksi Ketinggian Air Menggunakan Sensor Ultrasonik Dengan Database. *Jurnal Teknik dan Sistem Komputer*, 3(1), 45–55. <https://doi.org/10.33365/jtikom.v3i1.1878>

- Rohmat, C. L., Nurdiawan, O., Ali, I., Rinaldi Dikananda, A., Hafizha Luthfi, A., & Rohayati, E. (2023). Implementasi Alat Pemantau Debit dan Ketinggian Air Sungai Berbasis Internet of Things Untuk Penanggulangan Banjir. *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, 5(1), 136–143. <https://doi.org/10.47065/josyc.v5i1.4518>
- ROSIDIN, M. K. R., Farhan, A. F., Ilman, S. I., Alba Pradana, C., Irawan, C., Hadi, B. dharmawan hadi, Rahajeng, R. kurnianingtyas, & Suhanto, R. n suhanto. (2025). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Ketinggian Air Banjir Berbasis Arduino Uno. *Journal of Applied Mechanical Technology*, 4(1), 51–57. <https://doi.org/10.31884/journalofappliedmechanicaltechnology.v4i1.306>
- Safitri, T. D., Hardiartama, R., & Syahputra, M. B. (2024). *Perancangan Ui Aplikasi Awas Banjir Kota Surabaya Menggunakan Metode Design Thinking Ui Design of Flood Alert Application in Surabaya City Using*. 384–393.
- Sagay, S. D. C., & Pangemanan, F. (2023). Efektivitas Sistem Peringatan Dini Untuk Mitigasi Bencana Banjir Di Kota Manado. *Jurnal Governance*, 3(1), 1–14. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/governance/article/view/47094>
- Saryoga, R., Puspaningrum, A. S., & Ismail, I. (2025). Sistem Pendeteksi Ketinggian Air dan Perhitungan Volume pada Bak Nutrisi Vertikal Hidroponik Menggunakan Sensor Sr04t. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 5(2), 626–634. <https://doi.org/10.57152/malcom.v5i2.1661>
- Supriadi, S., Wajiansyah, A., & Putra, A. B. W. (2021). Prototipe Peringatan Dini Banjir dengan Menerapkan Teknologi Internet of Thing. *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, 7(1), 31. <https://doi.org/10.26418/jp.v7i1.43052>
- Ulum, M. bahrul. (2023). Sistem Monitoring Cuaca Dan Peringatan Banjir Berbasis Iot Dengan Menggunakan Aplikasi Mit App Inventor. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 11(3), 319–328. <https://doi.org/10.23960/jitet.v11i3.3088>
- Utami, D. R. R. B., Sari, D. K., Wulandari, R., & Istiqomah, A. R. (2021). Kesiapsiagaan Bencana Banjir Masyarakat Dusun Kesongo. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Keperawatan*, 17(1), 01. <https://doi.org/10.26753/jikk.v17i1.544>
- Waladani, B., Suwaryo, P. A. W., & Suliyanti, A. (2022). Peningkatan Pengetahuan Mitigasi Bencana Dalam Pengurangan Risiko Bencana Tanah Longsor. *Jurnal Salingka Abdimas*, 2(2), 137–141. <https://doi.org/10.31869/jsam.v2i2.3826>
- Zahra Maharani, N., Azzaria Siregar, F., & Rahmadani Batubara, N. (2024). Peran Teknologi Edukasi Digital dalam Meningkatkan Kesadaran Mitigasi Risiko Bencana Banjir di Indonesia. *Nabila Rahmadani Batubara NNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 4, 5710–5722.