MODEL *HYBRID CROWDSOURCING* UNTUK MANAJEMEN INFRASTRUKTUR DESA RESPONSIF BENCANA

Dasa Aprisandi[1*], Elisabet Merida Kristia[2]
Corresponding Author Prodi Teknik Sipil Institut Sains Dan Teknologi Nasional[1*]
Program Studi Teknik Sipil Institut Sains Dan Teknologi Nasional[2]
E-mail : dasa@istn.ac.id[1*], elisabet@istn.ac.id[2]

ABSTRAK

Penelitian ini mengusulkan dan mengevaluasi model *crowdsourcing* partisipatif untuk manajemen infrastruktur desa yang beradaptasi dengan akses digital yang terbatas dan tingkat literasi teknologi yang bervariasi. Penelitian menggunakan metodologi adaptif partisipatif, dilakukan dalam lima tahap, termasuk tinjauan pustaka, pemetaan partisipatif di sepuluh desa percontohan, diskusi kelompok dengan pemangku kepentingan utama, simulasi model di desa terpilih, dan penyempurnaan model iteratif. Temuan ini mengungkapkan dua model alternatif yaitu pelaporan berbasis digital melalui WhatsApp API dan pelaporan manual melalui kantor desa ketika jaringan seluler terganggu atau tidak tersedia. Survei terhadap 100 responden, yang terdiri dari warga desa dan pejabat pemerintah daerah, menunjukkan preferensi terhadap model digital karena kepraktisannya, kecepatan, dan transparansinya. Model manual tetap diperlukan untuk memastikan inklusivitas dalam keadaan darurat atau kendala teknologi. Model ganda ini memperkuat efektivitas tata kelola dengan menciptakan siklus umpan balik yang lebih cepat, memastikan partisipasi yang adil, dan membangun basis bukti yang terstruktur untuk pengambilan keputusan. Penelitian ini berkontribusi pada literatur dengan memperluas penerapan *crowdsourcing* untuk manajemen infrastruktur ke konteks pedesaan yang rawan bencana dan menawarkan kerangka kerja *hybrid* yang menyeimbangkan inovasi teknologi dengan inklusivitas sosial.

Kata Kunci : Crowdsourcing; Model; Infrastruktur; Bencana; Kolaborasi.

PENDAHULUAN

Infrastruktur tangguh di desa-desa rawan bencana membutuhkan strategi yang baik (Aprisandi & Kristia, 2024) Manajemen infrastruktur di desa-desa rawan bencana masih mengandalkan pendekatan top-down dengan partisipasi komunitas yang minimal (Kusumastuti et al., 2021) (Rivani & Mei, 2022) Kerusakan infrastruktur pascabencana memperburuk isolasi regional, penurunan produktivitas ekonomi, dan migrasi penduduk (Mao & Liu, 2024) Keterbatasan partisipasi komunitas, kesenjangan teknologi, dan fragmentasi koordinasi antar pemangku kepentingan memang menjadi hambatan utama dalam menciptakan sistem yang responsif, terutama dalam konteks manajemen bencana dan pengembangan desa (Nalu et al., 2025) (Ianniello et al., 2019). Partisipasi yang rendah sering dipengaruhi oleh faktor sosial seperti tingkat pendidikan, akses informasi, birokrasi yang rumit, dan kurangnya kepercayaan terhadap pemerintah, sehingga keterlibatan publik menjadi kurang aktif. partisipasi komunitas, kesenjangan teknologi, dan fragmentasi koordinasi antar pemangku kepentingan adalah hambatan utama dalam menciptakan sistem responsif (Yu et al., 2024) (Rendon et al., 2021) Di sisi lain,
potensi crowdsourcing berbasis teknologi partisipatif belum dioptimalkan karena kurangnya model yang adaptif terhadap kapasitas digital warga dan kebutuhan infrastruktur khusus desa (Park et al., 2024)(Spasiano et al., 2021)(Staletić et al., 2020)

Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan mendesak untuk memutus siklus kerentanan melalui pendekatan kolaboratif yang memberdayakan komunitas sebagai aktor aktif (Van Niekerk et al., 2020) (Chaves et al., 2021) (Schwittay & Braund, 2019). Studi ini juga menjawab kegagalan model konvensional yang cenderung reaktif, mahal, dan tidak inklusif. Tanpa inovasi-inovasi ini, ketimpangan pembangunan perkotaan dan perkotaan akan semakin melebar, sementara meningkatnya risiko bencana akibat perubahan iklim memperburuk kerugian sosial-ekonomi jangka panjang (Cappelli et al., 2021) (He et al., 2022).

Literatur yang ada tentang crowdsourcing untuk infrastruktur publik telah membuat kemajuan signifikan, terutama di lingkungan perkotaan. Penelitian sebelumnya (Choi & Dyke, 2020) mengembangkan kerangka kerja CrowdLIM, memanfaatkan aplikasi mobile dan GIS untuk manajemen infrastruktur siklus hidup. Demikian pula, (Park et al., 2024a) mengeksplorasi kerangka digital twin partisipatif untuk pemodelan banjir perkotaan. Namun, model-model ini mengandaikan adanya tingkat akses teknologi dan literasi yang sering kali tidak ditemukan di daerah pedesaan. membahas ketegangan antara kolaborasi komunitas dan platform yang didorong pasar, menyoroti tantangan tata kelola yang relevan dengan partisipasi berkelanjutan. Selain itu, (Shishido et al., 2021) mengusulkan kerangka kerja hibrida yang menggabungkan pemrosesan citra udara dan *crowdsourcing* mikro-tugas untuk menghasilkan peta kerusakan bangunan di lingkungan bencana. Alur kerja ini menggambarkan bagaimana pengumpulan data berbasis kerumunan dan pemrosesan digital dapat mempercepat penilaian kerusakan infrastruktur, meskipun penerapannya tetap lebih dominan di lingkungan perkotaan/skala besar dan kurang di konteks pedesaan yang terbatas sumber daya. Kesenjangan riset yang signifikan masih ada dalam menyesuaikan inovasi ini untuk komunitas pedesaan yang rawan bencana, di mana akses digital bersifat sporadis dan literasi teknologi bervariasi. Studi ini mengatasi kesenjangan ini dengan mengusulkan kerangka kerja *crowdsourcing* model ganda yang dirancang khusus untuk konteks menantang ini, melampaui solusi teknis untuk menanamkan inklusivitas sosial sebagai prinsip inti.

Kebaruan dari penelitian yang diusulkan ini adalah fokusnya pada infrastruktur di daerah pedesaan atau daerah rawan bencana, di mana akses digital dan literasi teknologi terbatas adalah tantangan utama. Kontribusi utamanya terletak pada model tata kelola hibrida yang sadar konteks, menyeimbangkan alat digital yang efisien dengan cadangan manual yang tangguh untuk memastikan tidak ada yang tertinggal. Tujuan penelitian ini adalah merancang model manajemen infrastruktur desa berbasis crowdsourcing yang responsif terhadap bencana, memperkuat koordinasi antara komunitas dan pemerintah, serta meningkatkan efisiensi alokasi sumber daya melalui data real-time dari partisipasi warga.

TINJAUAN PUSTAKA

Manajemen infrastruktur desa responsif bencana memerlukan keterlibatan masyarakat dalam proses identifikasi, pelaporan, pemantauan, dan penanganan kondisi infrastruktur. Partisipasi masyarakat menjadi penting karena warga merupakan pihak yang berinteraksi langsung dengan infrastruktur dan memiliki pengetahuan kontekstual mengenai kondisi serta permasalahan di lingkungannya. Namun, keterlibatan tersebut sering menghadapi kendala berupa keterbatasan koordinasi, akses informasi, dan mekanisme pelaporan yang belum terintegrasi. Pendekatan partisipatif berbasis teknologi dapat membantu meningkatkan ketersediaan informasi dan mendukung pengambilan keputusan dalam pengelolaan infrastruktur (Ianniello et al., 2019).

Crowdsourcing merupakan pendekatan yang memanfaatkan kontribusi sejumlah individu atau kelompok untuk mengumpulkan informasi, mengidentifikasi permasalahan, dan mendukung penyelesaian suatu persoalan secara kolaboratif. Dalam konteks manajemen infrastruktur, pendekatan ini memungkinkan masyarakat berperan sebagai sumber informasi lapangan melalui pelaporan kondisi infrastruktur secara langsung. Pemanfaatan platform digital dapat mempercepat proses pengumpulan dan distribusi informasi, sebagaimana ditunjukkan dalam pengembangan CrowdLIM dan penerapan crowdsourcing untuk pemodelan serta pemantauan risiko bencana (Choi & Dyke, 2020; Shishido et al., 2021; Park et al., 2024). Meskipun demikian, ketergantungan pada teknologi digital berpotensi membatasi partisipasi masyarakat yang memiliki akses internet dan tingkat literasi digital berbeda.

Berdasarkan kondisi tersebut, model *hybrid crowdsourcing* menjadi pendekatan yang relevan karena mengintegrasikan mekanisme pelaporan digital dan non-digital. Model ini tidak hanya mengoptimalkan kecepatan dan kemudahan penyampaian informasi melalui teknologi, tetapi juga mempertahankan akses partisipasi bagi masyarakat yang mengalami keterbatasan perangkat, jaringan internet, atau literasi digital. Dalam penelitian ini, integrasi WhatsApp Business API sebagai kanal pelaporan digital dan pelaporan manual melalui kantor desa, yang didukung oleh dashboard informasi, dikembangkan sebagai mekanisme partisipatif yang adaptif. Dengan demikian, penelitian ini berfokus pada pengembangan model crowdsourcing hybrid yang inklusif dan berkelanjutan untuk mendukung manajemen infrastruktur desa yang responsif terhadap risiko bencana.

METODE PENELITIAN

Studi ini menggunakan pendekatan penelitian partisipatif-adaptif [16]. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan penciptaan pengetahuan dan solusi bersama komunitas, memastikan model yang dihasilkan relevan secara kontekstual, dapat diterima secara sosial, dan berkelanjutan (Ziervogel et al., 2021) (Jnr, 2023) (Lang et al., 2024). Elemen

adaptif dalam suatu pendekatan memungkinkan peningkatan iteratif berdasarkan umpan balik berkelanjutan dari para pemangku kepentingan sepanjang proses penelitian. Proses ini terbukti efektif di berbagai bidang, seperti pengembangan sistem pendidikan, intervensi kesehatan, dan platform digital, di mana masukan dari pengguna, pelaksana, dan pihak terkait lainnya digunakan untuk secara bertahap meningkatkan desain, strategi implementasi, dan hasil akhir (Nordberg et al., 2021) (IJzerman et al., 2023) (Andreou et al., 2024).

Studi ini dilakukan di sepuluh desa percontohan yang dipilih secara sengaja dari wilayah rawan bencana di Indonesia. Kriteria seleksi desa meliputi riwayat bencana alam yang sering terjadi (misalnya, banjir, longsor), berbagai tingkat infrastruktur digital, dan kemauan yang dinyatakan dari pimpinan lokal untuk berpartisipasi. Peserta termasuk kelompok pemangku kepentingan yang beragam, penduduk desa (n=80), staff pemerintah desa (n=20), relawan komunitas, dan ahli TI lokal. Teknik sampling bertujuan untuk mengidentifikasi informan kunci dan responden survei.

Penelitian ini dilakukan pada 10 desa di Provinsi Jawa Barat yang dipilih secara purposive berdasarkan karakteristik yang relevan dengan pengembangan Model *Hybrid Crowdsourcing* untuk Manajemen Infrastruktur Desa Responsif Bencana. Kriteria pemilihan meliputi: (1) memiliki potensi atau riwayat kejadian bencana; (2) memiliki infrastruktur dasar yang berpotensi terdampak bencana; (3) memiliki perangkat desa dan/atau kelompok masyarakat yang terlibat dalam pengelolaan infrastruktur dan kebencanaan; serta (4) memiliki akses terhadap teknologi komunikasi digital. Variasi karakteristik antar desa diperlukan untuk merepresentasikan perbedaan kondisi sosial, infrastruktur, dan kapasitas respons masyarakat, sehingga model yang dikembangkan memiliki tingkat adaptabilitas yang lebih baik. Data dikumpulkan melalui kuesioner, wawancara semi-terstruktur, observasi lapangan, dan dokumentasi. Instrumen tersebut digunakan secara komplementer untuk memperoleh informasi mengenai kondisi infrastruktur, kapasitas masyarakat, mekanisme pelaporan, pemanfaatan teknologi, serta proses koordinasi dan verifikasi informasi kebencanaan.

Analisis data menggunakan pendekatan mixed methods dengan mengintegrasikan analisis kuantitatif dan kualitatif. Data kuesioner dianalisis secara deskriptif. Selanjutnya, hasil kedua pendekatan diintegrasikan melalui triangulasi dengan membandingkan informasi dari masyarakat, pemerintah desa, observasi lapangan, dan dokumentasi. Hasil integrasi tersebut digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem, mekanisme aliran informasi, proses validasi, serta peran aktor dalam penyusunan Model Hybrid.

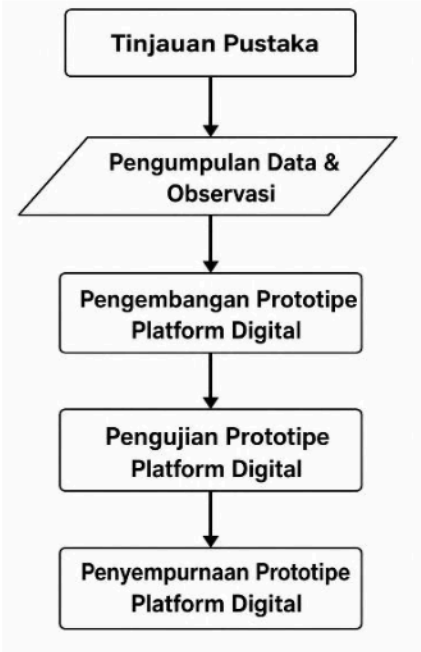
Penelitian ini dilakukan dalam lima tahap yang saling terhubung, seperti yang divisualisasikan pada Gambar 1. Prosesnya bersifat iteratif, dengan pembelajaran dari tahap-tahap selanjutnya yang menginformasikan penyempurnaan dalam konsep sebelumnya. Penelitian ini dilakukan dalam lima tahap: Proses dimulai dengan tinjauan pustaka komprehensif dan analisis komparatif model *crowdsourcing* yang ada serta kebutuhan infrastruktur pedesaan. Ini diikuti dengan pemetaan partisipatif dan pengumpulan data di sepuluh desa percontohan menggunakan wawancara mendalam dan pengamatan lapangan untuk mengumpulkan data langsung tentang kondisi infrastruktur dan kemampuan komunitas. Selanjutnya, model kolaboratif dikembangkan melalui Diskusi Kelompok (FGD) dengan 10 orang pemangku kepentingan untuk merancang *platform* prototipe dan alur kerja pelaporan. Model tersebut kemudian menjalani simulasi selama dua bulan di satu desa terpilih untuk mengevaluasi keandalan, responsivitas, dan kepuasan penggunanya.

e-ISSN ; 2548-6209
p-ISSN ; 2089-2098

Model direvisi berdasarkan umpan balik simulasi, dan pedoman operasional disiapkan untuk implementasi yang lebih luas.

Instrumen pengumpulan data meliputi panduan wawancara semi-terstruktur, protokol FGD, kuesioner survei terstruktur, dan template pemetaan partisipatif. Alat yang digunakan di lapangan meliputi kamera digital, drone untuk fotografi udara, komputer portabel, dan kendaraan sewaan untuk mobilitas. Alat teknologi utama yang dikembangkan adalah sistem pelaporan prototipe yang terdiri dari antarmuka WhatsApp Business API dan *dashboard* manajemen data berbasis web.

Untuk memastikan validitas data dan triangulasi, berbagai teknik pengumpulan data digunakan : (i) analisis dokumen literatur relevan dan laporan desa; (ii) wawancara mendalam dan FGD untuk wawasan kualitatif; (iii) pengamatan lapangan langsung; dan (iv) survei terhadap 100 responden untuk mengkuantifikasi preferensi dan pengalaman. Pendekatan metode campuran ini memberikan pemahaman komprehensif tentang dimensi teknis dan sosial dari masalah tersebut.



Gambar. 1. Bagan alur metodologi

Metode penelitian yang dilakukan adalah tinjauan pustaka dan studi komparatif untuk mengidentifikasi model *crowdsourcing* yang relevan dengan manajemen infrastruktur desa dan analisis kebutuhan spesifik daerah rawan bencana dari jurnal-jurnal terkemuka. Pengusul utama bertanggung jawab pada tahap ini.

Pemetaan partisipatif di 10 desa percontohan menggunakan wawancara mendalam dan observasi lapangan untuk mengumpulkan data tentang kerusakan dan kebutuhan infrastruktur serta keterbatasan partisipasi. Kegiatan ini melibatkan asisten survei. Peralatan yang digunakan adalah mobil sewaan, kamera, laptop dan dokumen. Anggota pengusul bertanggung jawab pada tahap ini.

Pengembangan model kolaboratif melalui *Diskusi Kelompok Fokus* (FGD) dengan 10 pemangku kepentingan (pemerintah desa, relawan, universitas) untuk merancang prototipe platform digital berbasis data dan aplikasi mobile. Kegiatan ini melibatkan Ahli TI sebagai asisten riset dalam mengembangkan aplikasi digital. Peneliti utama dan anggota riset sebagai sumber daya dalam kegiatan FGD. Pengusul utama bertanggung jawab pada tahap ini.

Simulasi model dengan uji coba terbatas selama 2 bulan di satu desa melibatkan peserta, untuk mengevaluasi keandalan data, responsivitas sistem, dan kepuasan pengguna. Peralatan yang digunakan adalah prototipe dari aplikasi yang telah dikembangkan. Anggota pengusul bertanggung jawab pada tahap ini

Revisi model berdasarkan hasil simulasi dan penyusunan pedoman operasional untuk penggunaan aplikasi digital. Sumber daya yang digunakan adalah peneliti dengan ahli TI. Pengusul utama bertanggung jawab pada tahap ini.

HASIL PENELITIAN

Penelitian ini menghasilkan dua model *crowdsourcing*, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah. Gbr. 2. Model *crowdsourcing* type 1 (Pelaporan Digital melalui WhatsApp API) Model digital ini membangun siklus umpan balik yang efisien. Dengan memanfaatkan *platform* yang sudah dikenal seperti WhatsApp, *platform* ini menurunkan hambatan masuk, sehingga frekuensi pelaporan lebih tinggi dan aliran informasi yang lebih cepat dari warga ke pemerintah. Hal ini secara langsung meningkatkan responsivitas dan transparansi tata kelola, karena status setiap laporan dapat dilacak oleh publik.



Gambar 2. Model Crowdsourcing Type 1

Mekanisme pelaporan yang diilustrasikan dalam diagram alur menggambarkan sistem pelaporan digital berbasis komunitas yang dirancang untuk meningkatkan responsivitas dan transparansi pemerintah lokal dalam mengelola kerusakan infrastruktur. Proses dimulai dengan informasi yang dimasukkan oleh masyarakat umum dan relawan komunitas yang berperan sebagai penyedia data utama. Dengan menggunakan aplikasi berbasis smartphone, pengguna dapat mengirimkan laporan real-time mengenai kondisi infrastruktur langsung ke sistem.

Setelah dikirimkan, laporan diterima dan dipantau oleh operator sistem melalui antarmuka berbasis web. Platform digital ini memfasilitasi verifikasi dan kategorisasi laporan yang efisien, memastikan data relevan tersedia dengan cepat untuk tindak lanjut administratif. Selanjutnya, pemerintah desa mengambil peran penting dalam menilai validitas dan yurisdiksi setiap laporan.

Jika masalah yang dilaporkan berada dalam kewenangan pemerintah desa, tindakan tindak lanjut segera dimulai, yang mengarah pada kegiatan perbaikan atau pemeliharaan sesuai dengan sifat dan tingkat keparahan kerusakan infrastruktur yang dilaporkan. Sebaliknya, jika masalah berada di luar kapasitas administratif atau yurisdiksi pemerintah desa, sistem ini memungkinkan koordinasi dan transfer informasi kepada pemangku kepentingan lain yang bertanggung jawab, seperti lembaga tingkat distrik atau sektoral. Hal ini memastikan bahwa semua kasus yang dilaporkan secara sistematis ditangani dalam kerangka kelembagaan yang sesuai.

Model pelaporan digital ini mewujudkan prinsip tata kelola partisipatif dan *e-government*, mendorong pendekatan bottom-up dalam manajemen infrastruktur. Ini tidak hanya meningkatkan komunikasi antara warga dan otoritas lokal, tetapi juga membangun lingkaran umpan balik yang memperkuat akuntabilitas, mempercepat

e-ISSN ; 2548-6209
p-ISSN ; 2089-2098

waktu respons, dan mengoptimalkan alokasi sumber daya dalam pemeliharaan infrastruktur di tingkat desa. Integrasi teknologi mobile dan web dalam sistem ini mencerminkan penerapan praktis transformasi digital dalam tata kelola lokal, sejalan dengan tujuan yang lebih luas yaitu pengembangan desa cerdas dan manajemen infrastruktur komunitas yang berkelanjutan.

Model crowdsourcing - 2 (Pelaporan Manual melalui Kantor Desa) Model manual, meskipun kurang efisien, merupakan langkah pengaman yang krusial. Ini memastikan ketahanan dan kesetaraan sistem dengan menyediakan saluran bagi mereka yang secara teknologi terpinggirkan atau untuk digunakan selama gangguan jaringan. Model ini memperkuat tata kelola dengan menjunjung tinggi prinsip inklusivitas, memastikan setiap warga, tanpa memandang kapasitas digital mereka, dapat berpartisipasi dalam proses pengelolaan infrastruktur.



Gambar 3. Model Crowdsourcing Type 2

Alur proses yang digambarkan dalam diagram merupakan sistem pelaporan semi-digital yang mengintegrasikan partisipasi komunitas dengan kerangka administratif tata kelola desa. Sistem ini dirancang untuk memastikan bahwa informasi tentang kerusakan infrastruktur yang berasal dari tingkat akar rumput dapat ditangkap, diverifikasi, dan ditindaklanjuti secara efisien melalui mekanisme kelembagaan yang akuntabel.

Proses dimulai dengan keterlibatan komunitas, di mana laporan kerusakan infrastruktur dimulai oleh masyarakat umum dan relawan komunitas. Berbeda dengan sistem digital penuh, model ini menekankan interaksi langsung dengan warga, mengharuskan individu mengunjungi kantor desa untuk menyerahkan laporan mereka. Pendekatan pelaporan tatap muka ini mendorong komunikasi partisipatif, memungkinkan warga memperjelas sifat masalah sekaligus memungkinkan petugas desa memvalidasi keakuratan informasi yang dikirimkan.

Setelah menerima laporan, operator yang ditunjuk memasukkan informasi tersebut ke dalam platform berbasis web, mengubah pelaporan manual menjadi catatan digital dalam sistem manajemen informasi pemerintah lokal. Langkah ini meningkatkan keterlacakan data dan

memudahkan koordinasi lebih lanjut antar unit administrasi.

Tahap berikutnya melibatkan pengambilan keputusan oleh pemerintah desa, yang menentukan tindak lanjut yang tepat. Jika kerusakan yang dilaporkan berada di bawah yurisdiksi pemerintah desa, intervensi langsung dilakukan dalam bentuk perbaikan atau pemeliharaan infrastruktur. Sebaliknya, jika masalah yang dilaporkan melampaui kewenangan atau kapasitas sumber daya pemerintah desa, kasus tersebut akan diteruskan ke pemangku kepentingan terkait atau otoritas tingkat tinggi, seperti lembaga distrik atau sektoral. Mekanisme ini memastikan bahwa semua laporan, tanpa memandang ruang lingkup administratif, disalurkan dengan benar kepada institusi yang bertanggung jawab.

Melalui alur kerja pelaporan ini, sistem mengoperasionalkan prinsip tata kelola kolaboratif dan manajemen infrastruktur berbasis komunitas. Kebijakan ini meningkatkan koordinasi vertikal dan horizontal antara warga dan aktor pemerintah sekaligus membangun akuntabilitas institusional. Selain itu, integrasi pengumpulan data yang dimediasi manusia dengan alat dokumentasi digital merupakan pendekatan adaptif menuju tata kelola desa cerdas, di mana partisipasi lokal dan teknologi bersama-sama mendukung pengelolaan infrastruktur pedesaan yang berkelanjutan.

Dashboard adalah sistem saraf pusat dari model hibrida. Aplikasi ini mengintegrasikan data dari saluran digital dan manual, menyajikan pandangan terpadu bagi para pengambil keputusan. Hal ini tidak hanya memperlancar alur kerja pejabat desa, tetapi juga menciptakan basis data terstruktur yang berharga untuk perencanaan berbasis bukti dan alokasi sumber daya, menggeser tata kelola dari sikap reaktif menjadi proaktif.

Kedua model tersebut divalidasi melalui kegiatan FGD untuk memastikan bahwa kedua model tersebut adalah model ideal yang akan diterapkan. Hasil FGD juga mengungkapkan bahwa model pertama adalah yang paling populer karena banyak orang merasa terbantu oleh model tersebut. Model ini berbeda dari model kedua, yang membutuhkan waktu dan biaya bagi komunitas untuk melaporkan dan meningkatkan tata kelola yang baik dalam pemerintahan desa dalam mengelola data tentang kejadian bencana dan dampak kerusakan.



Gambar 4. Aplikasi integrasi dengan Dashboard

Gambar tersebut menggambarkan alur penggunaan teknologi berbasis API WhatsApp yang terintegrasi dengan dashboard manajemen data untuk mendukung sistem pelaporan kerusakan infrastruktur desa. Melalui API WhatsApp, orang dapat mengirimkan laporan langsung dalam format pesan singkat yang sederhana sehingga mudah digunakan oleh berbagai kelompok. Laporan yang dikirim oleh

komunitas kemudian secara otomatis disimpan dan ditampilkan di dasbor yang dikelola oleh pejabat atau operator desa.

Dasbor berfungsi sebagai pusat kontrol dan pemantauan yang menampilkan data laporan secara terstruktur, termasuk identitas pelapor, waktu pelaporan, deskripsi kerusakan, dan status tindak lanjut. Tampilan dashboard yang sistematis memudahkan pejabat desa untuk memverifikasi, menentukan prioritas penanganan, dan mendokumentasikan seluruh riwayat laporan. Integrasi ini tidak hanya mempercepat aliran informasi dari komunitas ke pemerintah desa, tetapi juga meningkatkan transparansi dan akuntabilitas karena setiap perkembangan dapat diakses dan dipantau secara real time. Dengan demikian, penggunaan API dan dasbor WhatsApp merupakan solusi efektif untuk memperkuat kolaborasi antara masyarakat dan pemerintah desa dalam menjaga keberlanjutan infrastruktur, terutama di daerah rawan bencana.

Pengujian dilakukan melalui simulasi selama dua bulan pada desa terpilih untuk mengevaluasi kinerja kedua mekanisme pelaporan berdasarkan jumlah laporan yang diterima, waktu respons, tingkat keberhasilan pemrosesan laporan, dan kepuasan pengguna. Secara keseluruhan, Model 1 menunjukkan kinerja yang lebih baik dalam aspek kecepatan, jumlah laporan yang diterima, dan kepuasan pengguna, sementara Model 2 tetap berfungsi sebagai mekanisme alternatif ketika terjadi keterbatasan akses digital atau gangguan jaringan.

Perbandingan hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa integrasi kedua mekanisme lebih sesuai untuk konteks desa rawan bencana dibandingkan penerapan satu saluran pelaporan secara tunggal. Model 1 berperan sebagai saluran utama karena memberikan akses pelaporan yang lebih cepat dan terdokumentasi, sedangkan Model 2 berfungsi sebagai fallback mechanism untuk menjaga inklusivitas dan kontinuitas pelaporan. Temuan ini memperkuat hasil survei terhadap 100 responden yang menunjukkan preferensi sebesar 75% terhadap Model 1, dengan preferensi masing-masing 72% pada masyarakat dan 85% pada perangkat desa.

Tabel 1. Perbandingan model -1 dan model -2

Aspek-aspek	Model 1: Pelaporan melalui WhatsApp API	Model 2: Pelaporan melalui Kantor Desa
Kemudahan Akses	Sangat mudah; menggunakan platform yang sudah dikenal; Tidak perlu bepergian.	Memerlukan perjalanan fisik ke kantor desa, sehingga menimbulkan waktu dan biaya.
Kecepatan Pelaporan	Cepat; Dapat dilakukan kapan saja, di mana saja dengan koneksi internet.	Lebih lambat; terbatas pada jam kantor dan membutuhkan kehadiran fisik.
keterjangkauan	Terbatas untuk pengguna smartphone dan internet.	Dapat diakses oleh semua orang, termasuk mereka yang tidak memiliki smartphone atau saat gangguan jaringan.
Transparansi	Tinggi; Informan dapat memantau tindak lanjut secara real-time melalui sistem digital.	Sedang; Informasi lanjutan memerlukan penyelidikan manual dengan alat desa.

Kondisi Darurat	Rentan terhadap gangguan jika jaringan telekomunikasi terputus.	Sedang; Informasi lanjutan memerlukan penyelidikan manual dengan alat desa..
Preferensi Komunitas	Lebih disukai karena kepraktisan, kecepatan, dan kesesuaian dengan kebiasaan komunikasi.	Diterima sebagai alternatif penting selama gangguan jaringan atau keterbatasan perangkat.

Dari tabel tersebut, dapat disimpulkan bahwa masyarakat desa umumnya lebih memilih model pertama karena memberikan kenyamanan, kecepatan, dan transparansi. Namun, model kedua masih dianggap perlu sebagai opsi pendukung agar semua warga tetap dapat berpartisipasi, terutama ketika ada keterbatasan teknologi atau kondisi darurat.

Analisis Survei dan Validasi Model

Berdasarkan hasil kuesioner pada 100 responden yang terdiri dari komunitas dan pejabat desa, ditemukan bahwa mayoritas responden (75%) lebih memilih Model 1.

Rincian statistik sederhana mengonfirmasi bahwa preferensi ini konsisten baik di antara anggota komunitas (72% preferensi) maupun pejabat desa (85% preferensi). Alasan utama yang disebutkan adalah kemudahan, kecepatan, dan transparansi. Pejabat desa sangat diuntungkan dari alur kerja yang terstruktur dan data yang terdokumentasi, yang tidak hanya memfasilitasi verifikasi dan prioritas, tetapi juga menciptakan jejak audit untuk akuntabilitas.

Hasil survei terhadap 100 responden menunjukkan bahwa 75 responden (75%) memilih Model 1 berbasis WhatsApp Business API, sedangkan 25 responden (25%) memilih Model 2 berbasis pelaporan melalui kantor desa. Preferensi terhadap Model 1 terutama didasarkan pada kemudahan akses, kecepatan penyampaian laporan, fleksibilitas pelaporan dari lokasi kejadian, serta tersedianya informasi dan status laporan secara lebih transparan. Sebaliknya, Model 2 tetap dipilih oleh sebagian responden karena tidak bergantung pada kepemilikan smartphone dan konektivitas internet, sehingga dinilai lebih inklusif bagi masyarakat yang memiliki keterbatasan akses digital atau ketika terjadi gangguan jaringan komunikasi.

Jika ditinjau berdasarkan kelompok responden, 72% masyarakat memilih Model 1, sedangkan 28% memilih Model 2. Pada kelompok aparat desa, preferensi terhadap Model 1 lebih tinggi, yaitu 85%, sementara 15% memilih Model 2. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa masyarakat cenderung menilai model berdasarkan aspek kemudahan dan kecepatan pelaporan, sedangkan aparat desa lebih menekankan manfaat Model 1 dalam mendukung alur kerja yang terstruktur, dokumentasi laporan, dan pemantauan informasi secara lebih sistematis. Meskipun demikian, keberadaan Model 2 tetap diperlukan sebagai mekanisme alternatif (*fallback*) untuk menjamin inklusivitas dan keberlanjutan pelaporan ketika masyarakat tidak memiliki perangkat digital atau terjadi keterbatasan jaringan. Dengan demikian, hasil pengujian mendukung penerapan Model 1 sebagai kanal pelaporan utama dan Model 2 sebagai mekanisme pelaporan alternatif dalam kerangka *hybrid crowdsourcing.*

Preferensi responden terhadap Model 1 yang mencapai 75% menunjukkan bahwa penerimaan masyarakat terhadap mekanisme pelaporan digital tidak semata-mata disebabkan oleh aspek kepraktisan dan kecepatan, tetapi berkaitan dengan karakteristik kebutuhan komunikasi pada tingkat desa. Penggunaan WhatsApp Business API memungkinkan masyarakat menyampaikan laporan langsung dari lokasi kejadian tanpa harus mendatangi kantor desa. Kondisi tersebut menjadi

e-ISSN ; 2548-6209
p-ISSN ; 2089-2098

penting dalam konteks bencana, ketika akses fisik terhadap fasilitas pelayanan desa dapat terganggu dan kebutuhan informasi bersifat segera. Selain itu, mekanisme pelaporan melalui perangkat yang telah digunakan dalam aktivitas komunikasi sehari-hari dapat menurunkan hambatan adopsi teknologi, karena masyarakat tidak perlu mempelajari platform baru secara khusus untuk menyampaikan laporan. Dengan demikian, Model 1 memberikan kesesuaian yang lebih tinggi antara mekanisme pelaporan dengan pola komunikasi digital yang telah dikenal oleh masyarakat.

Preferensi tersebut juga perlu dipahami dalam kaitannya dengan variasi literasi digital dan akses internet di wilayah perdesaan. Model 1 memberikan keuntungan bagi masyarakat yang telah memiliki smartphone dan akses internet karena laporan dapat dikirim secara langsung dan dipantau melalui sistem. Namun, ketergantungan terhadap perangkat dan jaringan internet sekaligus menjadi batasan bagi kelompok masyarakat dengan literasi digital atau akses konektivitas yang lebih rendah. Kondisi ini menjelaskan mengapa Model 2 tetap memiliki peran penting meskipun tingkat preferensinya lebih rendah. Pelaporan melalui kantor desa menyediakan saluran alternatif bagi masyarakat yang tidak memiliki perangkat digital, mengalami keterbatasan jaringan, atau menghadapi kondisi ketika infrastruktur komunikasi mengalami gangguan. Dalam perspektif manajemen bencana, keberadaan kedua mekanisme tersebut bukan merupakan pilihan yang saling menggantikan, melainkan membentuk sistem yang saling melengkapi: Model 1 berfungsi sebagai kanal utama untuk mempercepat akuisisi informasi dari masyarakat, sedangkan Model 2 berfungsi sebagai *fallback mechanism* untuk mempertahankan akses pelaporan dan inklusivitas ketika kanal digital tidak dapat digunakan.

Perbedaan preferensi antara masyarakat dan aparat desa juga memperkuat interpretasi tersebut. Tingkat preferensi Model 1 yang lebih tinggi pada aparat desa menunjukkan bahwa manfaat digital tidak hanya dirasakan pada sisi pelapor, tetapi juga pada sisi pengelolaan informasi. Bagi aparat desa, laporan yang masuk melalui sistem digital dapat mendukung proses pencatatan, verifikasi, pemantauan, dan dokumentasi secara lebih terstruktur dibandingkan pelaporan manual. Sementara itu, bagi masyarakat, nilai utama Model 1 terletak pada kemampuan menyampaikan informasi secara cepat dari lokasi kejadian tanpa prosedur administratif yang panjang. Oleh karena itu, keunggulan Model 1 dapat dipahami sebagai kesesuaian antara karakteristik teknologi, pola komunikasi masyarakat, dan kebutuhan respons cepat pada kondisi bencana. Temuan ini mendukung penerapan pendekatan *hybrid crowdsourcing*, dengan Model 1 sebagai mekanisme pelaporan utama dan Model 2 sebagai mekanisme alternatif untuk menjaga inklusivitas, ketahanan sistem, dan kontinuitas pelaporan pada kondisi keterbatasan digital.

Table 2. Jumlah responden

Kelompok Responden	Model 1	Model 2	Total
Masyarakat	57	23	80
Aparat desa	17	3	20
Total	74	26	100

Analisis Perbandingan dengan Literatur yang Ada

Temuan ini berbeda dan memperluas penelitian sebelumnya. Berbeda dengan CrowdLIM yang mengandalkan aplikasi dan sensor mobile khusus, penggunaan API WhatsApp dalam studi ini menawarkan titik masuk yang lebih mudah diakses dan berbiaya lebih rendah bagi komunitas pedesaan. Dibandingkan dengan model berfokus pada perkotaan dari (Park et al., 2024b), penelitian ini secara eksplisit membahas kesenjangan digital dengan menggabungkan jalur non-digital. Selain itu, model ganda ini mempertahankan pendekatan yang berpusat pada komunitas, menggunakan teknologi sebagai pendorong daripada kekuatan disruptif, sehingga mendorong partisipasi jangka panjang.

Penerapan model *crowdsourcing* yang melibatkan peran komunitas dalam melaporkan kerusakan infrastruktur akibat bencana memiliki signifikansi strategis dalam meningkatkan kualitas tata kelola desa (Sarma et al., 2022) (Patel et al., 2025) (Andersen et al., 2025). Model ganda secara langsung meningkatkan efektivitas tata kelola dalam beberapa cara: (1) Responsivitas yang Meningkat: Saluran digital mempercepat identifikasi masalah dan respons resmi. (2) Peningkatan Inklusivitas dan Kesetaraan: Saluran manual memastikan sistem melayani seluruh populasi, bukan hanya yang dilengkapi secara digital. (3) Peningkatan Akuntabilitas dan Transparansi: Pelacakan laporan secara publik membangun kepercayaan antara warga dan pemerintah. (4) Pengambilan Keputusan Berbasis Data: Basis data terkonsolidasi memberikan bukti untuk memprioritaskan perbaikan dan membenarkan anggaran. Mekanisme ini meningkatkan transparansi karena setiap laporan dan tindak lanjut dapat diakses kembali, sehingga menumbuhkan kepercayaan terhadap pemerintah desa. Namun, keberhasilan penerapan model ini sangat dipengaruhi oleh kondisi sosial dan infrastruktur pendukung (Vignieri, 2020) (Lin et al., 2021). Di daerah dengan jaringan komunikasi terbatas, pelaporan digital dapat dibatasi, sehingga mekanisme manual melalui kantor desa penting untuk memastikan inklusivitas (Zhao et al., 2022) (Priyadharma, 2024). Oleh karena itu, kombinasi teknologi dan jalur konvensional adalah solusi yang mampu menjangkau semua lapisan masyarakat. Integrasi kedua mekanisme ini tidak hanya memberikan efektivitas dalam manajemen bencana tetapi juga memperkuat kolaborasi antara komunitas dan pemerintah desa sebagai satu kesatuan yang saling mendukung

KESIMPULAN

Studi ini berhasil merancang dan mengevaluasi kerangka kerja crowdsourcing dua model untuk manajemen infrastruktur desa yang responsif terhadap bencana. Penelitian ini menegaskan preferensi kuat pengguna terhadap model digital (WhatsApp API) karena kepraktisan dan kecepatannya, sekaligus menetapkan peran penting model manual (Kantor Desa) sebagai opsi cadangan yang tangguh dan inklusif.

Implikasi dari studi ini ada dua. Sebagai praktiknya, program ini memberikan kerangka kerja yang praktis dan dapat diimplementasikan kepada pemerintah desa untuk meningkatkan respons bencana, meningkatkan kepercayaan publik melalui transparansi, dan membuat keputusan yang lebih terinformasi serta berbasis data untuk perencanaan pembangunan jangka panjang. Untuk kebijakan, laporan ini menyoroti perlunya regulasi yang mendukung yang mendorong dan mendanai model tata kelola partisipatif berbasis teknologi di daerah pedesaan.

Studi ini tidak tanpa batasan. Penelitian dilakukan di sejumlah desa percontohan

terbatas dalam periode simulasi yang relatif singkat. Keberlanjutan jangka panjang model ini dan ketergantungannya pada komitmen pemerintah serta keterlibatan komunitas yang berkelanjutan memerlukan pengamatan lebih lanjut. Penelitian di masa depan harus fokus pada pengembangan model ke lebih banyak desa yang beragam, mengeksplorasi integrasi alternatif berteknologi rendah seperti gerbang SMS, dan melakukan studi longitudinal untuk menilai keberlanjutan partisipasi komunitas dan dampak model terhadap ketahanan bencana jangka panjang

DAFTAR PUSTAKA

Andersen, N. B., Hill, L., Baron, N., & Nielsen, A. B. (2025). Social listening and crowdsourcing in disaster communication—A citizen-centered media and communication consumption perspective. Frontiers in Communication. https://doi.org/10.3389/fcomm.2025.1568839

Andreou, V., Peters, S., Eggermont, J., & Schoenmakers, B. (2024). Co-designing Entrustable Professional Activities in General Practitioner's training: A participatory research study. BMC Medical Education, 24. https://doi.org/10.1186/s12909-024-05530-y

Aprisandi, D., & Kristia, E. M. (2024). Strategi dan Implementasi Infrastruktur Resilient terhadap Bencana Alam: Studi Kasus Jembatan Kereta Api di Sumatera Barat. In Technopex 2024. Institut Teknologi Indonesia.

Cappelli, F., Costantini, V., & Consoli, D. (2021). The trap of climate change-induced "natural" disasters and inequality. Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions, 70, 102329. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102329

Chaves, R., Schneider, D., Motta, C., Correia, A., Paredes, H., Caetano, B., & Souza, J. (2021). Crowdsourcing Urban Narratives for a Post-Pandemic World. 2021 IEEE 24th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD), 894–900. https://doi.org/10.1109/CSCWD49262.2021.9437759

Choi, J., & Dyke, S. J. (2020). CrowdLIM: Crowdsourcing to enable lifecycle infrastructure management. Computers in Industry, 115, 103185. https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.103185

He, C., Zhang, Y., Schneider, A., Chen, R., Zhang, Y., Weichun, Kinney, P., & Kan, H. (2022). The inequality labor loss risk from future urban warming and adaptation strategies. Nature Communications, 13. https://doi.org/10.1038/s41467-022-31145-2

Ianniello, M., Iacuzzi, S., Fedele, P., & Brusati, L. (2019). Obstacles and solutions on the ladder of citizen participation: A systematic review. Public Management Review, 21, 21–46. https://doi.org/10.1080/14719037.2018.1438499

IJzerman, R., Van Der Vaart, R., Breeman, L., Arkenbout, K., Keesman, M., Kraaijenhagen, R., Evers, A. W. M., Reimer, W. S. O., & Janssen, V. (2023). An iterative approach to developing a multifaceted implementation strategy for a complex eHealth intervention within clinical practice. BMC Health Services Research, 23. https://doi.org/10.1186/s12913-023-10439-1

Jnr, B. A. (2023). The Role of Community Engagement in Urban Innovation Towards the Co-Creation of Smart Sustainable Cities. Journal of the

Knowledge Economy, 1–33. https://doi.org/10.1007/s13132-023-01176-1

Kusumastuti, R. D., Nurmala, N., Arviansyah, A., & Wibowo, S. S. (2021). Indicators of community preparedness for fast-onset disasters: A systematic literature review and case study. Natural Hazards. https://doi.org/10.1007/s11069-021-04970-9

Lang, W., Gkartzios, M., Yan, J., Chen, T., & Tan, S. (2024). Community Co-creation through knowledge (Co)Production: The engagement of universities in promoting rural revitalization in China. Journal of Rural Studies. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2024.103455

Lin, W., Chen, H.-R., & Huang, Y.-M. (2021). Antecedences of the success of crowdsourcing projects in developing crowd-capital: Role of project learning and social support. Interactive Learning Environments, 31, 2080–2089. https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1874998

Mao, Q., & Liu, Y. (2024). Post-Disaster Performance and Restoration Sequences of Interdependent Critical Infrastructure Systems Considering Various Socioeconomic Impacts. Sustainability. https://doi.org/10.3390/su16156609

Nalu, K., Zahruddin, A., Suripto, & Anggoro, Y. (2025). Transformation of Social Values in Political Policy: A Case Study of Community Participation in Regional Development. Journal of Politica Governo. https://doi.org/10.62872/10e8e645

Nordberg, S., McAleavey, A., & Moltu, C. (2021). Continuous quality improvement in measure development: Lessons from building a novel clinical feedback system. Quality of Life Research, 30, 3085–3096. https://doi.org/10.1007/s11136-021-02768-7

Park, S., Kim, J., Kim, Y., & Kang, J. (2024a). Participatory Framework for Urban Pluvial Flood Modeling in the Digital Twin Era. Sustainable Cities and Society, 108, 105496. https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105496

Park, S., Kim, J., Kim, Y., & Kang, J. (2024b). Participatory Framework for Urban Pluvial Flood Modeling in the Digital Twin Era. Sustainable Cities and Society, 108, 105496. https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105496

Park, S., Kim, J., Kim, Y., & Kang, J. (2024c). Participatory Framework for Urban Pluvial Flood Modeling in the Digital Twin Era. Sustainable Cities and Society. https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105496

Patel, F., Memon, A., Nikam, S., Marathe, A., & Meshram, S. (2025). Crowdsourced Disaster Management. International Research Journal on Advanced Engineering Hub (IRJAEH). https://doi.org/10.47392/irjaeh.2025.0157

Priyadharma, S. (2024). "Periphery-centric" approach as a tactic for everyday digital in- and exclusion of Indonesian villages. Media and Communication. https://doi.org/10.17645/mac.8162

Rendon, C., Osman, K., & Faust, K. (2021). Path towards community resilience: Examining stakeholders' coordination at the intersection of the built, natural, and social systems. Sustainable Cities and Society, 68, 102774. https://doi.org/10.1016/J.SCS.2021.102774

Rivani, & Mei, E. (2022). Community and infrastructure preparedness towards the implementation of sister village disaster mitigation program. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 986. https://doi.org/10.1088/1755-1315/986/1/012026

Sarma, D., Das, A., Dutta, P., & Bera, U. (2022). A Cost Minimization Resource Allocation Model for Disaster Relief Operations With an Information Crowdsourcing-Based MCDM Approach. IEEE Transactions on Engineering Management, 69, 2454–2474. https://doi.org/10.1109/tem.2020.3015775

Schwittay, A., & Braund, P. (2019). Participation 2. 0? Crowdsourcing participatory development.

Shishido, H., Kobayashi, K., Kameda, Y., Kitahara, I., & University of Tsukuba 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8577, Japan. (2021). Method to Generate Building Damage Maps by Combining Aerial Image Processing and Crowdsourcing. Journal of Disaster Research, 16(5), 827–839. https://doi.org/10.20965/jdr.2021.p0827

Spasiano, A., Grimaldi, S., Braccini, A., & Nardi, F. (2021). Towards a Transdisciplinary Theoretical Framework of Citizen Science: Results from a Meta-Review Analysis. Sustainability. https://doi.org/10.3390/SU13147904

Staletić, N., Labus, A., Bogdanović, Z., Despotović-Zrakić, M., & Radenkovic, B. (2020). Citizens' readiness to crowdsource smart city services: A developing country perspective. Cities, 107, 102883. https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102883

Van Niekerk, L., Ongkeko, A., Hounsell, R., Msiska, B., Mathanga, D., Mothe, J., Juban, N., Awor, P., & Balabanova, D. (2020). Crowdsourcing to identify social innovation initiatives in health in low- and middle-income countries. Infectious Diseases of Poverty, 9. https://doi.org/10.1186/s40249-020-00751-x

Vignieri, V. (2020). Crowdsourcing as a mode of open innovation: Exploring drivers of success of a multisided platform through system dynamics modelling. Systems Research and Behavioral Science, 1–17. https://doi.org/10.1002/sres.2636

Yu, Y., Appiah, D., Zulu, B., & Adu-Poku, K. (2024). Integrating Rural Development, Education, and Management: Challenges and Strategies. Sustainability. https://doi.org/10.3390/su16156474

Zhao, W., Liang, Z., & Li, B. (2022). Realizing a Rural Sustainable Development through a Digital Village Construction: Experiences from China. Sustainability. https://doi.org/10.3390/su142114199

Ziervogel, G., Enqvist, J., Metelerkamp, L., & Van Breda, J. (2021). Supporting transformative climate adaptation: Community-level capacity building and knowledge co-creation in South Africa. Climate Policy, 22, 607–622. https://doi.org/10.1080/14693062.2020.1863180