

# Perancangan Aplikasi Smart Flood Monitoring Berbasis Pengguna untuk Sistem Peringatan Dini di Perkotaan

Adha Rahmadani Putra <sup>#1</sup>, Hasan Naqib Sa'bani <sup>\*2</sup>, M. Akbar Rafsanjani <sup>#3</sup>

*#123 Teknologi Informasi, Telkom University*

<sup>1</sup> [adharahmadani@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:adharahmadani@student.telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup> [hsannaqib@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:hsannaqib@student.telkomuniversity.ac.id), <sup>3</sup> [kagazuki@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:kagazuki@student.telkomuniversity.ac.id)

Received on dd-mm-yyyy, revised on dd-mm-yyyy, accepted on dd-mm-yyyy

## Abstrak

Banjir merupakan salah satu bencana paling sering terjadi dan berdampak besar di Indonesia, khususnya di wilayah perkotaan seperti Jakarta. Meskipun sistem peringatan telah tersedia, banyak warga masih kesulitan memperoleh informasi yang tepat waktu, akurat, dan mudah diakses. Penelitian ini menyajikan perancangan Smart Flood Monitoring, sebuah aplikasi mobile yang dikembangkan dengan pendekatan *user-centered design* (UCD). Melalui wawancara dan survei pengguna di wilayah Jatinegara Barat, Jakarta, diidentifikasi kebutuhan utama seperti notifikasi banjir real-time, visualisasi ketinggian air, serta akses cepat ke kontak darurat. Persona pengguna, peta empati, dan user journey disusun untuk mendukung perancangan antarmuka, yang kemudian diprototipekan menggunakan Figma. Evaluasi heuristik berdasarkan prinsip Nielsen menunjukkan perlunya perbaikan pada visibilitas sistem, kontrol notifikasi, dan kejelasan bahasa. Prototipe akhir menekankan kesederhanaan, adaptasi lokal, dan aksesibilitas bagi pengguna dari berbagai usia. Dibandingkan dengan sistem yang telah ada, solusi ini mengedepankan aspek kegunaan dan keterlibatan masyarakat. Penelitian selanjutnya akan mencakup pengujian kegunaan secara kuantitatif dan integrasi dengan sensor IoT serta API cuaca untuk mendukung sistem peringatan dini yang lebih efektif.

**Kata Kunci:** desain antarmuka mobile, kegunaan, komunikasi bencana, peringatan banjir, *user-centered design*

## I. PENDAHULUAN

**B**anjir merupakan bencana alam yang terjadi secara berulang dan berdampak signifikan terhadap jutaan penduduk di seluruh dunia, terutama di kawasan Asia Tenggara. Di wilayah perkotaan Indonesia seperti Jakarta, banjir musiman telah menjadi permasalahan kronis yang menyebabkan kerusakan infrastruktur, kerugian material, hingga terganggunya aktivitas masyarakat sehari-hari [1], [2]. Data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) menunjukkan bahwa dalam sepuluh tahun terakhir, lebih dari 60% bencana di Indonesia tergolong sebagai bencana hidrometeorologi, dengan banjir sebagai bencana yang paling sering terjadi. Kondisi ini diperparah oleh laju urbanisasi yang tinggi, keterbatasan sistem drainase, serta pola curah hujan yang semakin tidak menentu [3].

Meski lembaga pemerintah seperti Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) telah menyediakan sistem peringatan banjir secara umum, warga masih menghadapi tantangan dalam memperoleh

informasi yang akurat dan tepat waktu [4]. Kebanyakan warga lebih mengandalkan media sosial atau grup pesan komunitas untuk mengetahui perkembangan banjir di wilayahnya. Namun, saluran informal tersebut kerap menyebarkan informasi yang belum terverifikasi dan seringkali datang terlambat, sehingga memicu kepanikan dan mengurangi waktu untuk melakukan tindakan penyelamatan [5], [6]. Selain itu, sebagian besar sistem peringatan dini banjir yang ada menekankan pada aspek teknologi, seperti jaringan sensor dan sistem berbasis Internet of Things (IoT) [1], [3], [7], tetapi seringkali mengabaikan aspek kegunaan dan aksesibilitas antarmuka yang penting bagi pengguna awam di situasi kritis [6], [8].

Beberapa penelitian terbaru menyarankan pentingnya penggunaan pendekatan desain berpusat pada pengguna (user-centered design/UCD) untuk meningkatkan kepercayaan, keterlibatan, dan kemudahan penggunaan sistem peringatan bencana [6], [7], [9]. Meléndez-Landaverde dan Sempere-Torres [12], misalnya, dalam penelitiannya terhadap aplikasi peringatan banjir berbasis mobile, menemukan bahwa relevansi kontekstual dan kemudahan akses meningkatkan partisipasi warga. Alsabhan [14] juga menekankan pentingnya antarmuka sederhana dan informatif yang disesuaikan dengan karakteristik lokal. Akan tetapi, masih terdapat kesenjangan dalam pengembangan antarmuka pengguna yang memadukan data kebencanaan, sistem notifikasi, dan prinsip desain UX dalam konteks masyarakat perkotaan Indonesia.

Untuk menjawab kebutuhan tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan Smart Flood Monitoring, sebuah aplikasi mobile yang mampu memberikan peringatan banjir secara real-time, notifikasi berbasis lokasi, visualisasi ketinggian air, dan akses ke kontak darurat. Aplikasi ini dikembangkan melalui pendekatan user-centered design dengan melibatkan warga dari wilayah rawan banjir di Jakarta sebagai partisipan utama. Tidak seperti sistem konvensional yang hanya mengandalkan data teknis, aplikasi ini menekankan penyampaian informasi yang sederhana dan dapat langsung ditindaklanjuti melalui antarmuka yang intuitif dan dirancang berdasarkan kebutuhan pengguna [10], [11], [15].

Tujuan dari artikel ini adalah untuk mendokumentasikan proses desain dan pengembangan aplikasi Smart Flood Monitoring serta menunjukkan bagaimana penerapan prinsip desain berpusat pada pengguna dapat meningkatkan efektivitas sistem peringatan dini banjir. Kebaruan dari penelitian ini terletak pada integrasi data lokal, desain antarmuka berbasis mobile, dan sistem notifikasi kontekstual yang dirancang khusus untuk masyarakat perkotaan di Indonesia. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memperkaya literatur di bidang informatika kebencanaan serta mendorong pengembangan solusi mitigasi bencana yang lebih inklusif dan adaptif terhadap kondisi lokal.

## II. TINJAUAN LITERATURE

Bencana banjir masih menjadi salah satu tantangan lingkungan yang paling krusial, sering kali menyebabkan kerugian jiwa, kerusakan infrastruktur, dan gangguan sosial ekonomi. Untuk menjawab permasalahan tersebut, sejumlah peneliti telah mengembangkan berbagai inovasi berbasis teknologi seperti Internet of Things (IoT), Sistem Informasi Geografis (SIG), dan aplikasi mobile untuk keperluan deteksi, pemantauan, serta peringatan dini terhadap banjir. Sejumlah penelitian terdahulu mengusulkan sistem real-time berbasis IoT yang berfokus pada implementasi berbiaya rendah menggunakan modul Arduino dan GSM, sebagaimana ditunjukkan oleh Satria et al. [1], Shah et al. [3], dan Marzukhi et al. [4]. Al-Sabhan et al. [5] mengombinasikan SIG dan platform web untuk meningkatkan kemampuan prediksi, sementara studi dari Ali et al. [7], Omar et al. [11], dan Atijosan et al. [16] menambahkan elemen pendukung keputusan berbasis mobile dan pendekatan yang berorientasi pada komunitas untuk menjawab kebutuhan kontekstual. Namun, sebagian besar pendekatan ini masih berfokus pada aspek teknis tanpa banyak mempertimbangkan perilaku akhir dan keterlibatannya.

Beberapa kajian terbaru mulai menyoroti pentingnya integrasi model komputasi dan pendekatan berbasis manusia. Krzhizhanovskaya et al. [2] mengembangkan arsitektur peringatan dini banjir yang mengintegrasikan modul hidrologi dan komputasi secara komprehensif. Sementara itu, Hammood et al. [20] mengidentifikasi

masih adanya celah dalam integrasi sistem secara real-time dan strategi komunikasi antar pemangku kepentingan. Penelitian oleh Bakhtiari et al. [19] menunjukkan bahwa visualisasi digital yang interaktif memiliki peran penting dalam interpretasi risiko banjir secara dinamis. Sejalan dengan itu, studi yang dilakukan oleh Tan et al. [6], El Naggar et al. [8], Alsabhan [14], dan Cosgrove [10] menekankan perlunya pendekatan partisipatif dan berpusat pada pengguna guna meningkatkan efektivitas sistem dan pengalaman pengguna. Meléndez-Landaverde et al. [12] serta Frigerio et al. [13] juga membuktikan bahwa pelibatan warga melalui desain antarmuka yang baik dan keterlibatan masyarakat dapat meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan. Lebih lanjut, dengan semakin meluasnya penggunaan teknologi mobile, sejumlah peneliti seperti Kangana et al. [15], He et al. [9], dan Emileva et al. [18] menegaskan pentingnya aspek kegunaan (usability), aksesibilitas, dan adaptasi budaya dalam pengembangan alat komunikasi kebencanaan berbasis mobile agar dapat memperkuat kesiapsiagaan publik secara menyeluruh.

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Riset Pengguna

Untuk mengidentifikasi permasalahan, ekspektasi, dan perilaku pengguna terkait akses informasi banjir, penelitian ini menggunakan pendekatan kombinasi antara wawancara lapangan dan survei daring. Partisipan riset merupakan warga dari Kampung Pulo, Jatinegara, Jakarta Timur, sebuah wilayah yang dikenal rawan mengalami banjir musiman. Wawancara semi-terstruktur dilakukan terhadap lima warga, termasuk ketua RT/RW setempat. Secara paralel, kuesioner daring disebarluaskan dan dijawab oleh 30 responden untuk memperoleh data kuantitatif yang lebih luas. Pendekatan dua metode ini memungkinkan triangulasi data, sehingga kebutuhan pengguna dapat divalidasi secara lebih menyeluruh.

#### B. Pengembangan Persona dan Peta Empati

Berdasarkan hasil sintesis dari riset pengguna, dibentuklah satu persona pengguna yang merepresentasikan tujuan dan frustrasi utama audiens target. Persona “Ahmad” menggambarkan karakter warga yang selama ini mengandalkan jalur informal seperti WhatsApp dalam memperoleh peringatan banjir, namun kerap kali menerima informasi yang lambat dan tidak konsisten. Untuk memahami perspektif emosional pengguna secara lebih mendalam, disusun pula peta empati yang memetakan apa yang dipikirkan, dirasakan, diucapkan, dan dilakukan oleh pengguna saat menghadapi situasi banjir.



Gambar 1. Persona pengguna “Ahmad” mewakili warga Jakarta yang terkena dampak banjir.

### C. Pemetaan Perjalanan Pengguna (User Journey)

Selanjutnya, dibuat pemetaan perjalanan pengguna (User Journey Map) untuk memvisualisasikan pengalaman warga dari sebelum, saat, hingga setelah peristiwa banjir. Setiap tahap mencakup aktivitas utama pengguna, kondisi emosional, serta celah informasi yang dihadapi. Visualisasi ini bertujuan mengidentifikasi titik-titik kritis di mana aplikasi dapat memberikan intervensi berupa informasi yang cepat dan dapat ditindaklanjuti.

Tabel 1. Pemetaan Perjalanan Pengguna Aplikasi Smart Flood Monitoring

Tahap	Aktivitas Utama	Kebutuhan/Fitur yang Diinginkan	Hambatan (Pain Points)	Respon Emosional
Sebelum Banjir	- Mencari informasi dari RT/RW dan media sosial	- Prediksi cuaca - Info status siaga - Ketinggian air real-time	- Informasi lambat dan tidak lengkap - Tidak tahu status ketinggian air terkini	Bingung, cemas, waspada
Saat Terjadi	- Tunggu broadcast RT - Bertanya ke warga lain	- Notifikasi banjir otomatis - Deteksi siaga 1/2/3 - Visualisasi grafik ketinggian air	- Koordinasi antarwarga minim - Tidak ada sistem informasi real-time	Panik, khawatir, tergesa-gesa
Saat Banjir	- Amankan barang pribadi - Sebarkan info jika tahu lebih dulu - Laporkan ke BPBD (jika bisa)	- Update debit air - Jalur evakuasi terdekat - Peta lokasi terdampak	- Sulit kirim lokasi dan dokumentasi kejadian - Informasi lokasi parah tidak tersedia	Panik, stres, saling bantu
Setelah Banjir	- Diskusi warga - Evaluasi banjir sebelumnya	- Fitur pelaporan ke BPBD - Riwayat laporan - Edukasi kesiapsiagaan	- Tidak ada sistem monitoring terpusat - Tidak ada riwayat banjir untuk pembelajaran ke depan	Lega, reflektif, waspada

### D. Analisis Kebutuhan

Dari hasil wawancara dan survei, disusun kebutuhan sistem yang terdiri atas aspek fungsional dan non-fungsional. Kebutuhan fungsional meliputi notifikasi banjir real-time, informasi cuaca, serta akses ke kontak darurat. Sementara itu, aspek non-fungsional mencakup kemudahan penggunaan (usability), kecepatan respons sistem, dan keamanan data pengguna. Seluruh kebutuhan ini diprioritaskan berdasarkan tingkat urgensi dan kelayakan implementasi, dengan fitur notifikasi real-time sebagai komponen yang memiliki prioritas tertinggi.

Tabel 2. Analisis Kebutuhan Aplikasi Smart Flood Monitoring

A. Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan Fungsional	Deskripsi
Notifikasi Banjir Otomatis	Memberikan peringatan ketika status siaga meningkat atau banjir terjadi.
Informasi Cuaca dan Curah Hujan	Menyediakan ramalan cuaca harian berdasarkan data BMKG.
Peta Lokasi Terdampak dan Evakuasi	Peta interaktif yang menampilkan zona rawan banjir dan titik evakuasi terdekat.
Deteksi Ketinggian Air	Menampilkan grafik ketinggian air secara real-time dengan indikator siaga 1, 2, dan 3.
Laporan Kejadian oleh Warga	Memungkinkan pengguna mengirim laporan dengan foto, deskripsi, dan koordinat lokasi GPS.
Integrasi dengan BPBD dan BMKG	Mengambil data resmi dan memungkinkan komunikasi dua arah dengan instansi terkait.
Riwayat Informasi Banjir	Menyediakan histori informasi banjir untuk evaluasi dan edukasi.

B. Kebutuhan Non-Fungsional

Kebutuhan Non-Fungsional	Deskripsi
Ketersediaan Layanan	Aplikasi harus dapat digunakan 24 jam terutama pada musim hujan.
Kecepatan Respons	Informasi dan notifikasi dikirim dalam waktu kurang dari 1 menit.
Kemudahan Penggunaan	Antarmuka harus sederhana dan dapat digunakan oleh pengguna dari berbagai usia, termasuk lansia.
Keamanan Data	Data pengguna dan laporan harus dienkripsi dan tidak dibagikan tanpa izin.
Skalabilitas	Sistem harus mampu menangani ribuan pengguna secara simultan saat terjadi bencana banjir.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Pembentukan Persona Pengguna

Berdasarkan hasil wawancara dengan pengguna, dikembangkanlah satu persona representatif bernama Ahmad Dailani. Ia adalah seorang kepala keluarga berusia 45 tahun dengan tingkat kemahiran teknologi yang sedang dan memiliki kebutuhan akan sistem yang praktis dan mudah dipahami. Dua perhatian utamanya adalah:

- Akses cepat terhadap informasi banjir lokal
- Desain antarmuka yang dapat dipahami oleh anggota keluarga yang lanjut usia

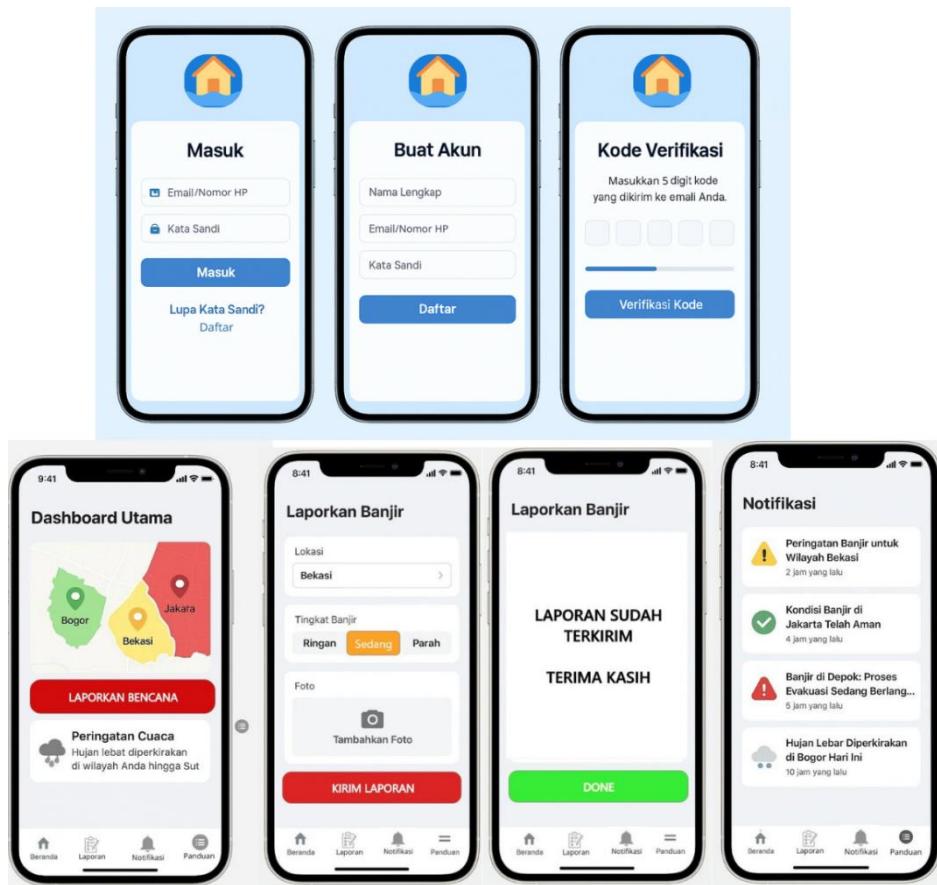
Persona ini menjadi acuan utama dalam merumuskan kebutuhan desain antarmuka aplikasi. El Naggar dan Abdelrazik [8] menyatakan bahwa pengembangan persona berdasarkan data nyata mampu meningkatkan relevansi antarmuka dalam aplikasi yang berkaitan dengan kebencanaan.

##### B. Desain Antarmuka Prototipe

Prototipe aplikasi dikembangkan menggunakan platform Figma dengan fokus pada kesederhanaan dan kejelasan tampilan. Fitur-fitur utama yang dirancang meliputi:

- **Indikator status banjir dengan kode warna:** hijau (aman), kuning (waspada), merah (bahaya)
- **Fitur notifikasi otomatis** berdasarkan data real-time atau peringatan resmi
- **Informasi prakiraan cuaca** harian yang ditampilkan pada layar utama
- **Navigasi minimalis** agar mudah digunakan oleh anak-anak maupun lansia

Desain ini mengadaptasi konsep dari studi sebelumnya seperti A4alerts [12] dan FLoWS [4], namun disesuaikan berdasarkan pola penggunaan sederhana dari masyarakat lokal yang diwawancara.



Gambar 2. Desain Antarmuka Prototipe

### C. Evaluasi Heuristik

Evaluasi heuristik dilakukan berdasarkan 10 prinsip kegunaan dari Nielsen. Temuan paling signifikan adalah belum adanya indikator status sistem yang jelas serta tidak tersedianya kontrol pengguna terhadap pengaturan notifikasi. Sebagai tindak lanjut, dilakukan revisi desain dengan menambahkan indikator status real-time berwarna serta halaman pengaturan untuk menyesuaikan frekuensi notifikasi. Rangkuman temuan dan solusi desain ditampilkan pada Tabel I.

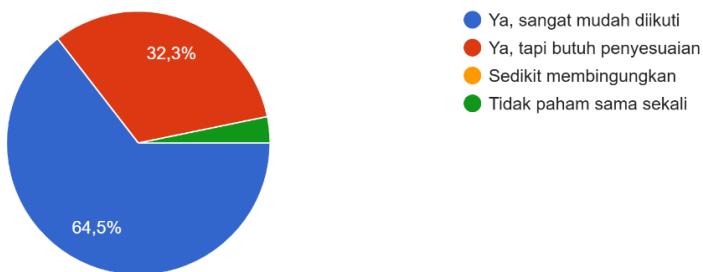
Table 3. Rangkuman Temuan Heuristik dan Perbaikan Desain

Prinsip Heuristik	Permasalahan yang Ditemukan	Solusi Desain
Visibility of System Status	Pengguna tidak mengetahui status banjir terkini	Penambahan status real-time dengan kode warna
User Control and Freedom	Tidak ada pengaturan notifikasi	Halaman pengaturan frekuensi dan jenis notifikasi
Match Between System and Real World	Istilah teknis sulit dipahami	Mengganti istilah dengan bahasa sehari-hari dan ikon familiar

#### D. Desain Navigasi dan Umpan Balik Pengguna

Untuk menilai sejauh mana alur navigasi dalam aplikasi dapat dipahami, dilakukan survei persepsi terhadap alur antarmuka kepada 31 responden. Hasilnya menunjukkan bahwa mayoritas pengguna (64,5%) menyatakan alur aplikasi mudah dipahami, sedangkan 32,3% memerlukan sedikit penyesuaian. Hanya sebagian kecil responden yang merasa bingung terhadap alur navigasi aplikasi sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3.

Apakah Anda memahami alur aplikasi dari masuk → dashboard → laporan → notifikasi?  
31 jawaban



Gambar 3. Hasil Evaluasi Alur Navigasi Aplikasi Smart Flood Monitoring oleh Responden

#### E. Perbandingan dengan Sistem dan Studi Terkait

Jika dibandingkan dengan sistem yang dikembangkan oleh Shah et al. [3] atau pendekatan GIS real-time oleh Al-Sabhan et al. [5], prototipe kami lebih menekankan aspek kegunaan dan relevansi lokal dibandingkan kompleksitas teknis. Pendekatan ini sejalan dengan pandangan Cosgrove [10] yang menekankan pentingnya antarmuka yang responsif dan mudah diakses dalam aplikasi kebencanaan. Selain itu, temuan kami mendukung kesimpulan dari Hammood et al. [20] yang menyatakan bahwa banyak sistem peringatan banjir gagal karena kurangnya penyesuaian terhadap komunitas pengguna dan minimnya pengujian berbasis pengguna.

#### V. Kesimpulan

Penelitian ini memperkenalkan rancangan awal dari aplikasi Smart Flood Monitoring yang dikembangkan menggunakan pendekatan *User-Centered Design* (UCD). Melalui keterlibatan langsung warga yang tinggal di kawasan rawan banjir di Jakarta, aplikasi ini dirancang untuk menyajikan informasi banjir secara real-time dengan cara yang mudah diakses, relevan dengan konteks lokal, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna sehari-hari. Proses perancangan meliputi riset pengguna, pengembangan persona, pemetaan perjalanan pengguna (user journey mapping), serta pembuatan prototipe antarmuka menggunakan platform Figma. Hasil perancangan menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan tidak hanya mengandalkan kecanggihan teknologi, tetapi juga memperhatikan aspek keterjangkauan, kemudahan penggunaan, serta kejelasan informasi.

Hasil evaluasi heuristik menunjukkan bahwa peningkatan pada visibilitas status sistem, pengaturan notifikasi, serta penggunaan bahasa yang lebih sederhana dapat memberikan dampak signifikan terhadap pengalaman pengguna. Jika dibandingkan dengan sistem peringatan banjir yang telah ada, aplikasi ini menunjukkan keunggulan dalam aspek kegunaan (usability) dan adaptasi terhadap kebutuhan masyarakat lokal, meskipun saat ini masih terbatas pada tahap prototipe. Sebagai tindak lanjut, penelitian selanjutnya akan difokuskan pada pengujian kuantitatif terhadap kegunaan sistem, perlakuan cakupan pengguna, serta integrasi dengan sensor IoT dan API prakiraan cuaca terbuka (open weather API) guna mendukung sistem peringatan dini yang lebih komprehensif dan adaptif.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada warga Jatinegara Barat yang telah berpartisipasi dalam sesi wawancara pengguna dan memberikan masukan berharga dalam proses perancangan aplikasi Smart Flood Monitoring. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada dosen dan pembimbing di Program Studi Teknologi Informasi, Universitas Telkom, atas arahan dan dukungan yang diberikan sepanjang pelaksanaan penelitian ini. Penelitian ini dilaksanakan sebagai bagian dari proyek akademik pada mata kuliah Interaksi Manusia dan Komputer.

#### REFERENSI

- [1] D. Satria, S. Yana, R. Munadi, and S. Syahreza, "Design of information monitoring system flood based internet of things (IoT)," in Proc. MICoMS 2017, Emerald Publishing Ltd., 2018, pp. 337–342.
- [2] V. V. Krzhizhanovskaya et al., "Flood early warning system: design, implementation and computational modules," Procedia Comput. Sci., vol. 4, pp. 106–115, 2011.
- [3] W. M. Shah, F. Arif, A. A. Shahrin, and A. Hassan, "The implementation of an IoT-based flood alert system," Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl., vol. 9, no. 11, 2018.
- [4] S. Marzukhi, M. A. S. M. Sidik, H. M. Nasir, Z. Zainol, and M. N. Ismail, "Flood detection and warning system (FLoWS)," in Proc. 12th Int. Conf. Ubiquitous Inf. Manag. Commun., 2018, pp. 1–4.
- [5] W. Al-Sabhan, M. Mulligan, and G. A. Blackburn, "A real-time hydrological model for flood prediction using GIS and the WWW," Comput. Environ. Urban Syst., vol. 27, no. 1, pp. 9–32, 2003.
- [6] M. L. Tan et al., "Understanding end-users' perspectives: Towards developing usability guidelines for disaster apps," Prog. Disaster Sci., vol. 7, p. 100118, 2020.
- [7] A. M. Ali, A. Khamaj, Z. Kang, M. Moosa, and M. M. Alam, "User-centered design (UCD) of time-critical weather alert application," Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl., vol. 14, no. 1, 2023.
- [8] H. El Naggar and H. Abdelrazik, "Assessing community awareness for flood disasters in the UAE through human-centered design," Int. J. Disaster Risk Reduct., vol. 107, p. 104475, 2024.
- [9] Y. He, D. Zhang, and Y. Fang, "Development of a mobile post-disaster management system using free and open source technologies," Int. J. Disaster Risk Reduct., vol. 25, pp. 101–110, 2017.
- [10] S. Cosgrove, "Exploring usability and user-centered design through emergency management websites: Advocating responsive web design," Commun. Des. Q. Rev., vol. 6, no. 2, pp. 93–102, 2018.
- [11] M. Omar, M. M. Nawi, J. Jamil, A. Mohamad, and S. Kamaruddin, "Research design of mobile based decision support for early flood warning system," 2020.
- [12] E. R. Meléndez-Landaverde and D. Sempere-Torres, "A user experience evaluation of a mobile application for disseminating site-specific impact-based flood warnings: The A4alerts app," J. Flood Risk Manag., vol. 18, no. 1, e12951, 2025.
- [13] S. Frigerio et al., "Hands-on experience of crowdsourcing for flood risks. An android mobile application tested in Frederikssund, Denmark," Int. J. Environ. Res. Public Health, vol. 15, no. 9, p. 1926, 2018.
- [14] W. Alsabhan, Designing a human-centred, mobile interface to support real-time flood forecasting and warning system, Ph.D. dissertation, Brunel Univ. London, 2017.
- [15] N. Kangana et al., "Harnessing Mobile Technology for Flood Disaster Readiness and Response: A Comprehensive Review of Mobile Applications on the Google Play Store," Urban Sci., vol. 9, no. 4, p. 106, 2025.
- [16] A. Atijosan, A. O. Salau, R. A. Badru, and T. Alaga, "Development of a low cost community based real time flood monitoring and early warning system," Int. J. Sci. Res. Sci. Eng. Technol., vol. 3, no. 3, pp. 189–195, 2017.
- [17] T. Chen, J. R. Gil-Garcia, G. B. Burke, and D. Werthmuller, "Harnessing Technology for Effective Emergency Communication: A Participatory Design Perspective," in Proc. 25th Annu. Int. Conf. Digital Government Research, 2024, pp. 443–452.
- [18] B. Emileva, L. Kuhn, I. Bobojonov, and T. Glauben, "The role of smartphone-based weather information acquisition on climate change perception accuracy: Cross-country evidence from Kyrgyzstan, Mongolia and Uzbekistan," Climate Risk Manage., vol. 41, p. 100537, 2023.
- [19] V. Bakhtiari, F. Piadeh, K. Behzadian, and Z. Kapelan, "A critical review for the application of cutting-edge digital visualisation technologies for effective urban flood risk management," Sustain. Cities Soc., vol. 99, p. 104958, 2023.
- [20] A. Hammood et al., "A systematic review on flood early warning and response system (FEWRS): A deep review and analysis," Sustainability, vol. 13, no. 1, p. 440, 2021.