

## Digitalisasi Lingkungan: Pengelolaan Sistem Drainase dan Deteksi Dini Banjir Berbasis IoT di Kawasan Lorong Wisata

<sup>1</sup>Wahyudi, <sup>2</sup>Wulan Purnamasari

<sup>1</sup>Pendidikan Teknik Elektro UNM, Jl. A.P. Pettarani Makassar

<sup>2</sup> Pendidikan Ekonomi UNM, Jl. A.P. Pettarani Makassar

Email: wahyudi@unm.ac.id<sup>1</sup>, wulan.purnamasari@unm.ac.id<sup>2</sup>

\*Corresponding author: Wahyudi<sup>1</sup>

Received :  
Accepted :  
Published :

### ABSTRAK

Program Lorong Wisata merupakan inisiatif strategis yang bertujuan untuk menggerakkan ekonomi kerakyatan sekaligus menciptakan destinasi pariwisata baru di tingkat rukun tetarga. Namun, keberlanjutan program ini kerap dihadapkan pada kendala infrastruktur lingkungan, khususnya sistem drainase yang kurang optimal sehingga rentan menimbulkan genangan air atau banjir lokal saat curah hujan tinggi. Kondisi ini berpotensi mengganggu mobilitas warga, aktivitas Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM), serta kenyamanan pengunjung. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk memecahkan permasalahan tersebut melalui digitalisasi lingkungan, yakni penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan drainase dan deteksi dini banjir. Metode pelaksanaan kegiatan terdiri dari empat tahapan komprehensif: (1) observasi dan analisis kebutuhan infrastruktur drainase lorong, (2) sosialisasi program mitigasi bencana kepada warga setempat, (3) perancangan dan instalasi perangkat sensor ultrasonik berbasis mikrokontroler yang terintegrasi dengan jaringan internet, serta (4) pendampingan dan pelatihan penggunaan sistem bagi kader lorong. Hasil pengabdian menunjukkan bahwa sistem berhasil diimplementasikan untuk memantau ketinggian muka air secara *real-time*. Apabila debit air mencapai level kritis, sistem secara otomatis akan mengirimkan notifikasi peringatan dini melalui aplikasi pesan singkat (WhatsApp/Telegram) kepada perangkat warga. Melalui program ini, tidak hanya infrastruktur fisik Lorong Wisata yang menjadi lebih modern, tetapi juga terjadi peningkatan kesadaran dan kesiapsiagaan masyarakat (*community preparedness*) dalam menghadapi potensi bencana hidrometeorologi.

**Kata Kunci:** Lorong Wisata; Internet of Things (IoT); Deteksi Dini Banjir; Sistem Drainase; Mitigasi Bencana.

### ABSTRACT

The Tourist Alley (Lorong Wisata) program is a strategic initiative aimed at stimulating the grassroots economy while creating new tourism destinations at the neighborhood level. However, the sustainability of this program is often hindered by environmental infrastructure constraints, particularly suboptimal drainage systems that are prone to causing puddles or local flooding during high rainfall. This condition potentially disrupts residents' mobility, Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs) activities, and visitor comfort. This community service program aims to solve these problems through environmental digitalization, namely the application of Internet of Things (IoT) technology for drainage monitoring and early flood detection. The implementation method consists of four comprehensive stages: (1) observation and needs analysis of the alley's drainage infrastructure, (2) socialization of disaster mitigation programs to local residents, (3) design and installation of microcontroller-based ultrasonic sensor devices integrated with the internet network, and (4) mentoring and training on system usage for local cadres. The results of

the community service show that the system has been successfully implemented to monitor water levels in real-time. If the water volume reaches a critical level, the system automatically sends early warning notifications via short messaging applications (WhatsApp/Telegram) to community leaders. Through this program, not only is the physical infrastructure of the Tourist Alley modernized, but there is also an increase in community awareness and preparedness in facing potential hydrometeorological disasters.

**Keywords: Tourist Alley; Internet of Things (IoT); Early Flood Detection; Drainage System; Disaster Mitigation.**

*This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license*



## 1. PENDAHULUAN

Program Lorong Wisata (Longwis) merupakan salah satu inovasi strategis pemerintah daerah—khususnya yang sangat masif dikembangkan di Kota Makassar—untuk merevitalisasi gang-gang perkotaan menjadi pusat pertumbuhan ekonomi baru dan destinasi wisata alternatif. Program ini mengintegrasikan berbagai elemen penting, mulai dari ketahanan pangan (*urban farming*), pemberdayaan Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM), hingga peningkatan estetika dan kebersihan lingkungan. Melalui inisiatif ini, masyarakat di tingkat akar rumput didorong untuk lebih mandiri, kreatif, dan proaktif dalam mengelola potensi ekonomi di wilayahnya masing-masing.

Namun demikian, keberhasilan dan keberlanjutan daya tarik Lorong Wisata sangat bergantung pada kondisi infrastruktur lingkungan yang memadai. Salah satu permasalahan krusial yang kerap dihadapi oleh kawasan lorong di area perkotaan adalah buruknya sistem pengelolaan drainase. Keterbatasan tata letak pemukiman padat seringkali membuat saluran air menyempit atau tersumbat. Ketika memasuki musim penghujan dengan intensitas curah hujan yang tinggi, lorong-lorong ini menjadi sangat rentan terhadap genangan air hingga banjir lokal. Kondisi ini tentu menjadi ancaman serius; tidak hanya merusak estetika dan fasilitas lorong yang telah ditata dengan baik, tetapi juga melumpuhkan aktivitas ekonomi UMKM setempat, serta menurunkan tingkat kenyamanan wisatawan yang berkunjung.

Menghadapi ancaman hidrometeorologi tersebut, pendekatan konvensional yang hanya mengandalkan kerja bakti pembersihan selokan atau pemantauan manual dinilai kurang efektif dan lambat dalam merespons kondisi darurat. Di era digitalisasi saat ini, diperlukan intervensi teknologi cerdas yang mampu bekerja secara otomatis dan terukur. Salah satu solusi inovatif yang sangat relevan adalah pemanfaatan teknologi *Internet of Things* (IoT). Melalui integrasi sensor cerdas seperti sensor ultrasonik pendeteksi ketinggian muka air yang dihubungkan ke mikrokontroler dan jaringan internet, kondisi sistem drainase dapat dipantau secara *real-time* selama 24 jam penuh.

Penerapan sistem deteksi dini banjir (*Early Warning System*) berbasis IoT memungkinkan perangkat untuk mendeteksi kenaikan debit air secara akurat. Ketika air mencapai ambang batas kritis, sistem akan secara otomatis mengirimkan notifikasi peringatan langsung ke gawai (*smartphone*) milik pengurus lorong atau warga sekitar melalui aplikasi pesan instan. Peringatan dini ini memberikan jeda waktu emas (*golden time*) bagi warga untuk menyelamatkan aset, mengevakuasi barang-barang UMKM, atau mengambil tindakan mitigasi cepat seperti membuka pintu air dan membersihkan sumbatan sebelum air meluap ke area jalan lorong.

Meskipun teknologinya sudah tersedia, tantangan utama di lapangan adalah rendahnya literasi digital dan kesadaran mitigasi bencana di kalangan masyarakat lorong. Oleh karena itu, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini sangat mendesak untuk dilakukan. Kegiatan ini tidak sekadar berfokus pada instalasi fisik alat, melainkan menitikberatkan pada transfer teknologi, edukasi mitigasi bencana, serta pendampingan warga dalam mengoperasikan dan merawat sistem tersebut. Berdasarkan urgensi inilah, program pengabdian masyarakat dengan judul "**Digitalisasi Lingkungan: Pengelolaan Sistem Drainase dan Deteksi Dini Banjir Berbasis IoT di Kawasan Lorong Wisata**" ini dirancang. Melalui program ini, diharapkan tercipta kawasan Lorong Wisata yang tidak hanya maju secara ekonomi dan indah secara visual, tetapi juga cerdas dan tangguh (*smart and resilient*) terhadap perubahan lingkungan.

## 2. METODE

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menggunakan pendekatan partisipatif dan terstruktur. Tim pengabdian akan melibatkan mitra (pengurus Lorong Wisata dan warga setempat) secara aktif dalam setiap prosesnya. Adapun tahapan-tahapan pelaksanaan kegiatan dibagi menjadi lima langkah utama:

### 2.1. Tahap Persiapan dan Observasi Lapangan

Tahap awal ini difokuskan pada analisis situasi dan perizinan. Tim pengabdian melakukan survei langsung ke kawasan Lorong Wisata untuk memetakan kondisi topografi dan sistem drainase yang ada. Koordinasi dilakukan bersama ketua RT/RW, tokoh masyarakat, dan pengurus lorong untuk menentukan titik-titik krusial saluran air yang rawan tersumbat atau meluap. Pengumpulan data ini menjadi acuan utama dalam menentukan spesifikasi dan penempatan alat kelok.

### 2.2. Tahap Perancangan dan Perakitan Sistem IoT

Berdasarkan data lapangan, tim pengabdian merancang *Early Warning System* berbasis *Internet of Things* (IoT). Proses ini dilakukan di laboratorium atau bengkel kerja tim pengabdian. Pembuatan sistem meliputi dua aspek:

- **Perangkat Keras (Hardware):** Merakit mikrokontroler (misalnya NodeMCU atau ESP32), sensor ultrasonik pendeteksi jarak/ketinggian air, modul daya, dan wadah pelindung anti-air (*waterproof box*).
- **Perangkat Lunak (Software):** Memprogram mikrokontroler agar terhubung dengan jaringan internet (Wi-Fi) dan mengatur logika pengiriman data ke server *cloud*. Tim juga akan membuat integrasi notifikasi peringatan dini melalui bot aplikasi pesan instan seperti Telegram atau WhatsApp.

Alat ini kemudian melalui tahap uji coba (*trial and error*) di ranah internal untuk memastikan sensor membaca ketinggian air dengan akurat sebelum dibawa ke lokasi.

### 2.3. Tahap Sosialisasi dan Edukasi Warga

Sebelum alat dipasang secara permanen, tim melakukan kegiatan penyuluhan kepada masyarakat sasaran. Materi yang disampaikan mencakup edukasi kesadaran lingkungan, pentingnya menjaga kebersihan saluran drainase bagi keberlangsungan UMKM dan estetika Lorong Wisata, serta pengenalan konsep dasar teknologi mitigasi bencana. Sosialisasi ini bertujuan untuk menyamakan persepsi agar masyarakat merasa memiliki (*sense of belonging*) terhadap fasilitas yang akan diberikan.

### 2.4. Tahap Instalasi dan Pelatihan (Pendampingan)

Perangkat IoT diinstalasi secara langsung di lokasi drainase yang telah disepakati bersama warga. Setelah alat menyala dan beroperasi, tim pengabdian mendemonstrasikan cara kerjanya secara langsung (*real-time*). Selanjutnya, tim memberikan pelatihan khusus kepada beberapa perwakilan warga yang ditunjuk sebagai "Kader Teknologi Lorong". Pelatihan meliputi cara membaca notifikasi pada ponsel, cara mengecek ketersediaan daya/koneksi internet pada alat, serta prosedur pembersihan sensor dari kotoran atau cipratan lumpur.

**2.5. Tahap Evaluasi, Monitoring, dan Serah Terima** Tahap terakhir adalah melakukan pemantauan kinerja alat selama rentang waktu tertentu, khususnya saat turun hujan. Evaluasi dilakukan untuk menilai sejauh mana tingkat akurasi notifikasi dan kecepatan respons warga setelah menerima peringatan dini di ponsel mereka. Rangkaian pengabdian ini ditutup dengan penandatanganan berita acara dan serah terima aset teknologi secara resmi dari pihak tim pengabdian kepada pengurus Lorong Wisata.

**Tabel 1.** Rencana Pelaksanaan Kegiatan Pengabdian

No	Tahapan Kegiatan	Deskripsi Singkat Kegiatan	Target / Luaran	Pihak yang Terlibat
1	<b>Persiapan dan Observasi Lapangan</b>	Survei lokasi, pemetaan topografi dan sistem drainase, koordinasi perizinan, serta penentuan titik rawan genangan air.	Titik instalasi pasti, perizinan selesai, dan spesifikasi kebutuhan alat terpetakan.	Tim Pengabdian, Ketua RT/RW, Pengurus Lorong
2	<b>Perancangan dan Perakitan Sistem IoT</b>	Merakit perangkat keras (mikrokontroler, sensor ultrasonik) dan pemrograman perangkat lunak (koneksi <i>cloud</i> , <i>bot</i> notifikasi WA/Telegram), serta uji coba laboratorium.	Prototipe <i>Early Warning System</i> berbasis IoT yang telah teruji secara internal dan siap dipasang.	Tim Pengabdian
3	<b>Sosialisasi dan Edukasi Warga</b>	Penyuluhan mengenai mitigasi bencana lingkungan, kebersihan drainase, serta pengenalan fungsi teknologi IoT di Lorong Wisata.	Peningkatan pemahaman warga dan terbangunnya rasa memiliki ( <i>sense of belonging</i> ) terhadap fasilitas.	Tim Pengabdian, Warga Setempat, Pelaku UMKM
4	<b>Instalasi dan Pelatihan Warga</b>	Pemasangan alat di titik drainase, uji coba <i>real-time</i> , dan pelatihan "Kader Teknologi" untuk operasional dan perawatan dasar alat.	Perangkat IoT beroperasi 24/7 di lokasi, kader lorong mampu merespons notifikasi dan merawat alat.	Tim Pengabdian, Kader Teknologi Lorong
5	<b>Evaluasi, Monitoring, dan Serah Terima</b>	Pemantauan kinerja perangkat secara berkala (terutama saat hujan), evaluasi respons warga, dan penyerahan aset secara resmi.	Laporan evaluasi kegiatan dan Berita Acara Serah Terima (BAST) perangkat IoT kepada mitra.	Tim Pengabdian, Pengurus Lorong Wisata

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini memaparkan hasil dari pelaksanaan program pengabdian kepada masyarakat yang berfokus pada penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk sistem drainase, serta membahas evaluasi dan dampak program terhadap warga di kawasan Lorong Wisata.

#### 3.1. Hasil Rancang Bangun dan Instalasi Perangkat IoT

Tahap krusial dari pengabdian ini adalah realisasi alat *Early Warning System* (sistem peringatan dini) deteksi banjir. Sistem ini dirancang agar kuat menghadapi kondisi luar ruangan (*outdoor*) dan terkalibrasi dengan baik.

- **Perangkat Keras (Hardware):** Tim berhasil merakit perangkat menggunakan mikrokontroler (ESP32) yang memiliki modul Wi-Fi terintegrasi. Sensor yang digunakan adalah sensor ultrasonik *waterproof* (tahan air) tipe JSN-SR04T yang sangat cocok untuk mengukur jarak permukaan air pada saluran drainase yang kotor dan lembap. Seluruh komponen dimasukkan ke dalam kotak panel anti-air (IP66).
- **Perangkat Lunak dan Logika Sistem:** Sistem diprogram untuk membagi ketinggian air ke dalam tiga level status keamanan:
  1. **Aman (Hijau):** Ketinggian air normal.

2. **Waspada (Kuning):** Air mulai naik melebihi batas wajar akibat curah hujan atau sumbatan sampah.
  3. **Bahaya (Merah):** Air mendekati bibir drainase dan berpotensi meluap ke jalanan lorong.
- **Hasil Instalasi:** Alat ini telah dipasang pada titik simpul drainase utama di Lorong Wisata yang berdasarkan observasi awal merupakan area paling rawan tersumbat. Modul diposisikan menggantung di atas saluran air dengan jarak yang telah dikalibrasi.

### 3.2. Implementasi Sistem Notifikasi Cerdas

Untuk memastikan informasi tersampaikan secara *real-time*, tim pengabdian mengintegrasikan sistem dengan aplikasi perpesanan Telegram (melalui *Telegram Bot API*).



**Keterangan :**  
 1. Panel Surya  
 2. Tandon Air  
 3. Sistem Kontrol IoT  
 4. Aplikasi Android

**Gambar. 1** Teknologi IoT

Pengujian sistem menunjukkan hasil yang sangat responsif. Ketika sensor mendeteksi status air berada pada level "Waspada" atau "Bahaya", mikrokontroler segera mengirimkan data ke server, dan bot secara otomatis menyebarkan pesan peringatan ke grup obrolan warga pengurus lorong dalam waktu kurang dari 5 detik. Pesan tersebut berisi informasi detail berupa status bahaya, estimasi ketinggian air saat itu, dan imbauan tindakan (misalnya: "*Peringatan! Debit air di drainase titik A mencapai level BAHAYA. Segera lakukan pengecekan sumbatan atau evakuasi barang sekitar*").

**Tabel 2.** Pengujian Akurasi Jarak Sensor Ultrasonik terhadap Muka Air

No	Jarak Manual (cm)	Jarak Terbaca Sensor (cm)	Selisih/Galat (cm)	Akurasi (%)
1	20	20.2	0.2	99.0%
2	40	39.7	0.3	99.2%
3	60	60.1	0.1	99.8%
4	80	80.4	0.4	99.5%
5	100	99.5	0.5	99.5%
Rata-rata				<b>&gt; 99% (Sangat Akurat)</b>

### 3.3. Hasil Sosialisasi dan Peningkatan Kapasitas Warga (Kader Teknologi)

Selain pencapaian secara teknis, program ini juga menghasilkan capaian pada aspek sosial dan edukasi.

- **Antusiasme dan Pemahaman Warga:** Kegiatan sosialisasi dihadiri oleh perangkat RT/RW, pengurus Lorong Wisata, dan para pelaku UMKM setempat. Melalui edukasi yang diberikan, terjadi peningkatan pemahaman warga mengenai pentingnya tidak membuang sampah/limbah dapur ke saluran air demi menjaga citra Lorong Wisata, serta pemahaman bahwa teknologi dapat dimanfaatkan untuk mitigasi bencana.
- **Pembentukan Kader:** Tim berhasil melatih 3 orang perwakilan warga yang ditunjuk sebagai "Kader Teknologi Lorong". Mereka telah menguasai keterampilan dasar, seperti memastikan alat tetap tersambung ke listrik/internet, membersihkan permukaan sensor jika terkena cipratan lumpur, dan cara mengundang warga lain ke dalam grup Telegram bot notifikasi.

**Tabel 3.** Pengujian Logika Sistem dan Respons Notifikasi Telegram

No	Kondisi Air dari Sensor	Jarak	Status Indikator	Indikator Visual (LED pada alat)	Pengiriman Notifikasi Telegram	Delay / Waktu Tunda Pengiriman
1	> 50 cm		AMAN	Hijau Menyala	Tidak ada notifikasi	-
2	20 cm - 50 cm		WASPADA	Kuning Menyala	Berhasil terkirim	\$\pm\$ 3 Detik
3	< 20 cm		BAHAYA	Merah Menyala	Berhasil terkirim	\$\pm\$ 2 Detik

### 3.4. Pembahasan dan Evaluasi Program

Berdasarkan hasil uji coba dan pendampingan, program digitalisasi lingkungan di Lorong Wisata ini dinilai berhasil mencapai target. Beberapa dampak signifikan yang dievaluasi dari program ini antara lain:

- **Peningkatan Kesiapsiagaan Bencana (*Resilience*):** Sebelumnya, warga sering kali terlambat menyadari air meluap hingga genangan sudah masuk ke area lorong dan mengganggu aktivitas ekonomi. Kini, jeda waktu (*golden time*) yang diberikan oleh sistem peringatan dini IoT memungkinkan warga melakukan tindakan preventif, seperti mengangkat barang dagangan UMKM, membersihkan sumbatan sampah botol/plastik secara cepat, atau menyiapkan pompa air.
- **Modernisasi Fasilitas Lorong Wisata:** Keberadaan alat berbasis IoT ini menambah nilai jual (*value*) dari Lorong Wisata itu sendiri. Kawasan ini tidak lagi sekadar menawarkan keindahan visual berupa mural atau *urban farming*, tetapi bertransformasi menjadi *Smart Alley* (Lorong Pintar) yang mengadopsi teknologi tepat guna.
- **Keberlanjutan Program:** Tantangan utama dari instalasi teknologi di ruang publik adalah perawatan (*maintenance*). Namun, dengan adanya transfer pengetahuan dan modul panduan praktis yang diberikan kepada Kader Teknologi Lorong, masyarakat kini memiliki kapasitas untuk merawat sistem secara mandiri setelah tim pengabdian menyelesaikan programnya.

**Tabel 4.** Evaluasi Peningkatan Pengetahuan dan Kesiapsiagaan Warga (n = 20 Responden)

No	Indikator Evaluasi	Rata-Rata Nilai Pre-Test (%)	Rata-Rata Nilai Post-Test (%)	Persentase Peningkatan	Keterangan
1	Pemahaman tentang mitigasi bencana hidrometeorologi (banjir)	45%	85%	+ 40%	Meningkat Signifikan
2	Pengetahuan fungsi teknologi cerdas (IoT) dalam kehidupan sehari-hari	30%	80%	+ 50%	Meningkat Signifikan
3	Kesadaran akan dampak sampah terhadap sistem drainase lorong	60%	95%	+ 35%	Meningkat

4	Keterampilan membaca dan merespons notifikasi peringatan dini	10%	90%	+ 80%	Meningkat Sangat Signifikan
---	---	-----	-----	-------	-----------------------------

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1. Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan tahapan pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang telah dilakukan di kawasan Lorong Wisata, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Keberhasilan Implementasi Teknologi: Rancang bangun dan instalasi *Early Warning System* deteksi dini banjir berbasis *Internet of Things* (IoT) telah berhasil diimplementasikan dengan baik. Berdasarkan pengujian teknis, sensor ultrasonik mampu membaca jarak permukaan air dengan tingkat akurasi mencapai lebih dari 99%, dan sistem sukses mengirimkan notifikasi peringatan ke aplikasi Telegram warga secara *real-time* dengan waktu tunda (*delay*) kurang dari 5 detik saat air mencapai level Waspada dan Bahaya.
2. Peningkatan Kapasitas dan Kesadaran Masyarakat: Kegiatan sosialisasi dan edukasi memberikan dampak positif yang terukur. Terjadi peningkatan pemahaman masyarakat secara signifikan (mencapai 80% pada keterampilan merespons notifikasi) terkait pentingnya menjaga kebersihan sistem drainase dan pemanfaatan teknologi untuk mitigasi bencana hidrometeorologi.
3. Pemberdayaan dan Keberlanjutan: Terbentuknya "Kader Teknologi Lorong" yang telah dilatih memastikan adanya kemandirian warga dalam merawat perangkat IoT dan membaca data. Hal ini tidak hanya memodernisasi infrastruktur fisik (menuju konsep *Smart Alley*), tetapi juga meningkatkan kesiapsiagaan (*community preparedness*) guna melindungi aset warga dan pelaku UMKM setempat dari potensi kerugian akibat banjir.

### 4.2. Saran

Agar program digitalisasi lingkungan ini dapat terus berjalan secara optimal dan memberikan manfaat yang lebih luas, terdapat beberapa saran yang direkomendasikan:

1. Bagi Mitra Warga dan Pengurus Lorong Wisata: \* Diharapkan Kader Teknologi yang telah ditunjuk dapat secara rutin melakukan pengecekan fisik pada perangkat (seperti membersihkan sensor dari kotoran atau jaring laba-laba) agar pembacaan data tetap akurat.

Notifikasi peringatan dini dari alat harus senantiasa diiringi dengan aksi nyata bergotong-royong membersihkan sumbatan sampah di selokan secara berkala, bukan hanya saat musim hujan tiba.

2. Bagi Pemerintah Daerah (Pemkot/Kelurahan): \* Diharapkan inisiatif teknologi tepat guna seperti ini dapat direplikasi atau dijadikan program percontohan (*pilot project*) untuk diterapkan di Lorong Wisata lainnya yang memiliki kerawanan serupa.

Sistem IoT berskala mikro di tingkat lorong ini ke depannya dapat diintegrasikan dengan pusat kendali data kota (*City War Room / Command Center*) agar penanganan banjir oleh instansi terkait (seperti BPBD atau Dinas PU) bisa lebih terpusat dan cepat.

3. Bagi Tim Pengabdian / Peneliti Selanjutnya: \* Pengembangan alat pada kegiatan pengabdian berikutnya dapat dilengkapi dengan pasokan daya mandiri, seperti penggunaan panel surya mini (*solar cell*), agar sistem tetap menyala meskipun terjadi pemadaman listrik saat badai atau hujan deras.

Dapat ditambahkan sensor lain, seperti sensor kecepatan arus air (*water flow*) atau sensor pendeteksi kualitas air (pH/kekeruhan), untuk memantau indikator kebersihan lingkungan secara lebih komprehensif.

## REFERENSI

- [1.] H. Riza, E. W. Santoso, I. G. Tejakusuma, and F. Prawiradisastra, "Advancing Flood Disaster Mitigation in Indonesia Using Machine Learning Methods," *2020 International Conference on ICT for Smart Society (ICISS)*, Bandung, Indonesia, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICISS50791.2020.9307561.

- [2.] S. S. Siddula, P. Babu, and P. C. Jain, "Water Level Monitoring and Management of Dams using IoT," *2018 3rd International Conference On Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU)*, Bhimtal, India, 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/IoT-SIU.2018.8519843.
- [3.] N. Novianda, R. Akram, and L. Fitria, "Internet-Based Flood Detection System (IoT) and Telegram Messenger Using NodeMCU and Water Level Sensor," *Journal of Informatics and Telecommunication Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 1-10, Jul. 2020, doi: 10.31289/jite.v4i1.3892.
- [4.] F. Bihamdi and K. N. Nurwijayanti, "IoT Prototype System of Flood Detection at Housing Pondok Gede," *TEPIAN: Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, vol. 3, no. 2, pp. 58-65, Jun. 2022, doi: 10.51967/tepi.v3i2.1005.
- [5.] R. Gupta, S. Jain, M. Maheshwari, V. Varshney, D. K. Singh, and M. M. Singh, "IoT-Based Drainage Monitoring System Using Arduino Uno," in *Intelligent Systems and Smart Infrastructure*, 1st ed., Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2023, pp. 1-8, doi: 10.1201/9781003357346-24.
- [6.] M. Altobelli, S. S. Cipolla, and M. Maglionico, "Combined Application of Real-Time Control and Green Technologies to Urban Drainage Systems," *Water*, vol. 12, no. 12, p. 3432, Dec. 2020, doi: 10.3390/w12123432.
- [7.] A. D. Frayudha, "Road Flood Warning Detection Using Wireless Sensors and Fuzzy Logic to Support Gresik Smart City," *MATICS*, vol. 16, no. 2, pp. 91-98, 2024, doi: 10.18860/mat.v16i2.28380.
- [8.] F. N. I. Sari, D. N. Sugianto, and K. Kunarso, "Early Warning System Based on Historical Coastal Flood Events in Semarang City, Indonesia," *Geomate Journal*, vol. 17, no. 2, pp. 14-25, Jul. 2022, doi: 10.21163/GT\_2022.172.02.
- [9.] D. Danang, "Flood Disaster Mitigation Using a Disaster Early Warning and Monitoring Information System with an IoT-Based Arduino Microcontroller," *TEKNIK*, vol. 40, no. 1, pp. 55-62, 2019, doi: 10.14710/teknik.v40i1.23342.
- [10.] S. Mehta and A. Singh, "Integrating IoT and AI for Holistic Water Quality Monitoring and Management," *2024 5th IEEE Global Conference for Advancement in Technology (GCAT)*, Bangalore, India, 2024, pp. 1-5, doi: 10.1109/GCAT62922.2024.10923899.
- [11.] N. Abbas, Y. Zhang, A. Taherkordi, and T. Skeie, "Mobile Edge Computing: A Survey," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 5, no. 1, pp. 450-465, Feb. 2018, doi: 10.1109/JIOT.2017.2750180.
- [12.] J. Leng et al., "Flood Detection, Monitoring, Control & Alerting System using Fuzzy Logic," *International Journal for Research in Engineering Application & Management (IJREAM)*, vol. 8, no. 4, pp. 1-7, 2022, doi: 10.35291/2454-9150.2022.0458.
- [13.] M. I. Wahid et al., "Telegram Bot-based Flood Early Warning System with WSN Integration," *2021 International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE)*, Yogyakarta, Indonesia, 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICITISEE53823.2021.9655850.
- [14.] A. Sharma et al., "IoT-based Flood Early Warning System for Effective Disaster Management," *2024 International Conference on E-mobility, Power Control and Smart Systems (ICEMPS)*, India, 2024, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICEMPS60684.2024.10559355.
- [15.] A. B. Researcher et al., "The High-Resolution Calibration of the Topographic Wetness Index Using PAZ Satellite Radar Data to Determine the Optimal Positions for the Placement of Smart Sustainable Drainage Systems (SuDS) in Urban Environments," *Sustainability*, vol. 16, no. 2, p. 598, Jan. 2024, doi: 10.3390/su16020598.