

Sistem Deteksi Gangguan Aliran Air Otomatis Menggunakan IoT dan Aplikasi Android: Studi Kasus di Desa Gobleg, Buleleng

¹I Made Darma Susila, ²Made Liandana, ³Dandy Pramana Hostiadi ,
⁴Yohanes Priyo Atmojo, ⁵Roy Rudolf Huizen, ⁶Gede Angga Pradipta, ⁷Putu Desiana
Wulaning Ayu

Institut Teknologi dan Bisnis STIKOM Bali, ^{1,2,3,4,5,6}
Politeknik Negeri Bali⁷
*Email: darma_s@stikom-bali.ac.id

ABSTRAK

Pemantauan aliran air secara real-time pada jaringan distribusi pipa menjadi aspek krusial dalam menjamin ketersediaan air bersih bagi masyarakat, khususnya di daerah pedesaan. Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat (PKM) yang telah dilakukan dan merupakan hilirisasi dari pelaksanaan penelitian, mengembangkan rancang bangun sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk mendeteksi keberadaan aliran air pada pipa utama yang mensuplai kebutuhan air warga di Desa Gobleg. Sistem ini mengintegrasikan tiga jenis sensor, yaitu *pressure sensor*, *water flow sensor* dan *contactless water level sensor*, yang dipasang pada beberapa titik kritis jaringan pipa. Data dari sensor dikirimkan secara periodik melalui modul komunikasi GSM menggunakan protokol MQTT ke server pusat. Aplikasi Android dikembangkan untuk menampilkan status aliran air secara langsung dan memberikan notifikasi ketika ketiga sensor secara simultan tidak mendeteksi adanya air, yang mengindikasikan potensi kebocoran atau gangguan distribusi. Pengujian sistem mampu mendeteksi kondisi abnormal dengan tingkat akurasi 94% dan memberikan notifikasi dalam waktu kurang lebih 22.8s detik sejak kejadian terdeteksi. Sistem ini dapat menjadi solusi untuk pengawasan distribusi air di wilayah pedesaan.

Kata kunci : Internet of Things, Monitoring Aliran Air, Sensor Tekanan

ABSTRACT

Real-time monitoring of water flow in pipeline distribution networks is a crucial aspect in ensuring the availability of clean water for communities, especially in rural areas. This study developed an Internet of Things (IoT)-based monitoring system designed to detect the presence of water flow in the main pipeline that supplies water to residents in Gobleg Village. The system integrates three types of sensors, namely pressure sensors, flow sensor and one contactless water level sensor, which are installed at several critical points along the pipeline network. Sensor data is transmitted periodically via a GSM communication module using the MQTT protocol to a central server. An Android application was developed to display the water flow status in real time and provide notifications when all three sensors simultaneously fail to detect water, indicating a potential leak or distribution disruption. The system testing demonstrated the ability to detect abnormal conditions with an accuracy rate of 94% and deliver notifications within approximately 22.8 seconds after the event was detected. This system can serve as a practical solution for monitoring water distribution in rural areas.

Key words: Embeedded system, Water Flow Monitoring, Pressure Sensor

PENDAHULUAN

Ketersediaan air bersih merupakan kebutuhan dasar yang sangat vital bagi masyarakat, terutama di wilayah pedesaan. Salah satu tantangan utama dalam penyediaan air bersih adalah keterlambatan deteksi terhadap gangguan distribusi seperti kebocoran, tekanan rendah, atau terputusnya aliran air pada jaringan pipa, yang dapat menyebabkan pemborosan sumber daya dan menurunkan kualitas hidup masyarakat (Badan Pusat Statistik, 2022; World Health Organization, 2020). Perkembangan teknologi digital, khususnya *Internet of Things* (IoT), telah membuka peluang signifikan dalam pengembangan sistem monitoring otomatis yang mampu mendeteksi dan melaporkan kondisi aliran air secara *real-time*. Teknologi ini memungkinkan sensor untuk membaca data lingkungan seperti tekanan dan ketinggian air, serta mengirimkannya ke server pusat melalui jaringan nirkabel (Gubbi et al., 2013; Zhang et al., 2020). Implementasi IoT dalam sistem distribusi air terbukti meningkatkan efisiensi dan mempercepat respons terhadap gangguan teknis (Prasetyo & Hadi, 2021; Maulana & Nugroho, 2019).

Desa Gobleg, yang terletak di Kecamatan Banjar, Kabupaten Buleleng, Bali, mengandalkan pasokan air dari Danau Tamblingan melalui sistem pompa dan pipa. Sistem ini sangat bergantung pada kontinuitas pasokan listrik dan kondisi fisik pipa distribusi. Namun demikian, hingga saat ini belum terdapat sistem monitoring otomatis, sehingga informasi mengenai gangguan hanya diperoleh setelah adanya laporan dari warga, yang sering kali bersifat terlambat. Oleh karena itu, penerapan sistem pemantauan berbasis IoT menjadi solusi yang relevan untuk wilayah ini. Beberapa penelitian sebelumnya telah merancang sistem pemantauan tekanan dan level air untuk tangki maupun jaringan distribusi (Purnama et al., 2022; Santosa & Prasetyo, 2021; Ramadhani et al., 2021). Akan tetapi, sebagian besar sistem tersebut menggunakan koneksi Wi-Fi atau LoRa yang tidak selalu tersedia atau stabil di

daerah perbukitan seperti Gobleg (Wahyudi, 2020; Subakti & Arifin, 2019).

Sebagai alternatif, sistem yang diusulkan dalam penelitian ini memanfaatkan komunikasi berbasis modul GSM dan protokol MQTT yang dirancang untuk transmisi data ringan dan efisien dalam kondisi jaringan yang tidak stabil (Hidayat, 2020; Wibowo & Suhardi, 2020). Sensor yang digunakan terdiri atas dua sensor tekanan dan satu sensor level air berbasis kapasitif tanpa kontak langsung, yang lebih tahan terhadap lingkungan lembap dan korosif (Sutrisno & Fadilah, 2021). Untuk meningkatkan kecepatan deteksi dan tanggapan terhadap gangguan, sistem ini diintegrasikan dengan aplikasi Android yang memberikan notifikasi secara *real-time* kepada operator atau warga ketika ketiga sensor tidak mendeteksi keberadaan air dalam pipa secara bersamaan (Permadi & Gunawan, 2021). Dengan demikian, sistem ini memungkinkan pemantauan distribusi air secara proaktif dan responsif, serta berkontribusi terhadap keandalan dan keberlanjutan pelayanan air bersih di Desa Gobleg.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengembangkan, dan menguji sistem pemantauan aliran air berbasis IoT yang diterapkan di Desa Gobleg. Fokus penelitian mencakup integrasi sensor tekanan dan level air, komunikasi data melalui GSM dan MQTT, serta sistem notifikasi Android. Solusi ini diharapkan menjadi pendekatan yang efektif, terjangkau, dan sesuai dengan kondisi geografis daerah pedesaan dalam mendukung sistem distribusi air bersih secara berkelanjutan.

RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan utama dalam penelitian ini adalah belum tersedianya sistem monitoring aliran air yang mampu mendeteksi secara dini gangguan distribusi air pada jaringan pipa yang digunakan oleh warga Desa Gobleg. Sistem distribusi yang ada saat ini masih bersifat manual dan reaktif, sehingga gangguan seperti kehilangan tekanan atau aliran air baru diketahui setelah adanya keluhan dari masyarakat. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya menjawab beberapa pertanyaan penting, yaitu: bagaimana merancang sistem monitoring aliran air berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat mengintegrasikan sensor tekanan dan sensor level air secara efektif pada jaringan pipa distribusi; bagaimana sistem dapat mengirimkan data secara real-time menggunakan komunikasi GSM berbasis protokol MQTT yang sesuai dengan kondisi infrastruktur desa; bagaimana sistem dapat memberikan notifikasi otomatis melalui aplikasi Android apabila ketiga sensor tidak mendeteksi adanya air; serta sejauh mana sistem yang dibangun efektif dan andal dalam mendeteksi gangguan distribusi air serta mempercepat proses respons dan perbaikan di lapangan.

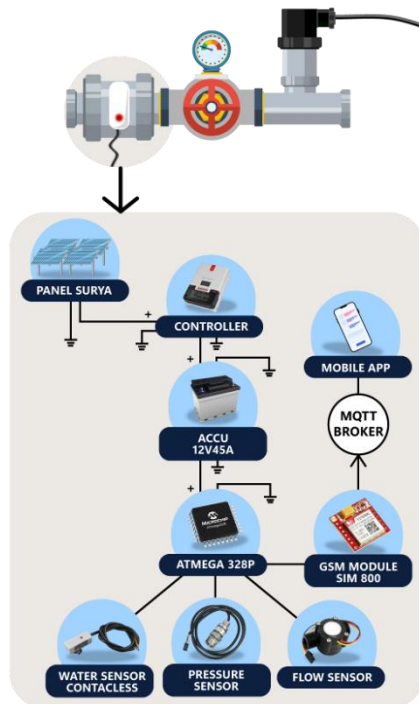
METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen rekayasa sistem dengan metode pengembangan prototipe berbasis *Internet of Things* (IoT). Proses pengembangan dilakukan secara bertahap, dimulai dari analisis kebutuhan sistem, perancangan arsitektur perangkat keras dan lunak, implementasi pada jaringan pipa air di Desa Gobleg, serta pengujian dan evaluasi performa sistem secara menyeluruh. Lokasi penelitian dipilih secara purposif, yaitu di Desa Gobleg, Kecamatan Banjar, Kabupaten Buleleng, Bali, karena desa ini mengandalkan pasokan air bersih dari Danau Tamblingan yang disalurkan melalui pompa dan jaringan pipa menuju penampungan utama,

namun belum memiliki sistem pemantauan aliran air secara otomatis.

Pada tahap perancangan, sistem deteksi air ini dikembangkan dengan memanfaatkan tiga jenis sensor, yaitu dua buah pressure sensor dan satu sensor level air tanpa kontak (contactless water level sensor), yang masing-masing dipasang pada titik-titik strategis sepanjang jaringan pipa. Perangkat keras dirancang dan dirakit menggunakan *breadboard* dan modul sensor, sedangkan perangkat lunak mikrokontroler diprogram menggunakan Arduino IDE. Aplikasi ini akan memberikan peringatan otomatis apabila ketiga sensor tidak mendeteksi keberadaan air secara simultan, yang mengindikasikan adanya gangguan distribusi seperti kebocoran atau gangguan pompa. Perangkat *alert system* untuk mendeksi adanya masalah aliran air pada pipa penghubung ke rumah tangga sehingga memudahkan teknisi BUMDES Sari Amerta dalam melakukan perbaikan lebih awal, guna memberikan pelayanan lebih optimal. Gambar 1 menunjukkan desain sistem monitoring air berbasis IoT.

Alert system ini terdiri dari 2 sistem. Sistem pertama adalah perangkat keras yang berfungsi untuk deteksi adanya air di pipa dan sistem yang kedua berupa perangkat lunak android yang berfungsi untuk memberikan informasi berupa voltase serta notifikasi dimana permasalahan air terjadi, notifikasi tersebut berisi pesan nama perangkat keras yang bermasalah. Perangkat keras terdiri dari board yang berisi mikrokontroler ATmega 328P yang berfungsi untuk menerima output dari sensor-sensor.



Gambar 1. Desain sistem monitoring aliran air berbasis IoT

Sensor yang digunakan ada tiga jenis sensor yaitu :

- sensor *water pressure* untuk memeriksa tekanan air
- sensor *water flow* untuk mendeteksi adanya aliran
- sensor *water level* untuk mengetahui adanya air dalam pipa.

Masing-masing lokasi menggunakan kombinasi 2 sensor dari ketiga jenis sensor tersebut. Untuk komunikasi antara perangkat keras dengan *software* android menggunakan modem SIM800 yang akan mengirimkan data ke aplikasi android. Protokol yang digunakan adalah MQTT, dikarenakan ukuran data yang dikirim kecil dan bisa lebih mudah untuk proses pengirimannya. Perangkat ini menggunakan *solar panel* dan *battery* untuk memudahkan dalam mendapatkan daya.

Sistem yang kedua adalah aplikasi android yang memanfaatkan *service* MQTT dalam menerima pesan dari perangkat keras. Aplikasi ini menggunakan *service* yang aktif secara *foreground*, sehingga bisa menerima pesan walaupun aplikasi ditutup.

Aplikasi bisa aktif apabila *smartphone* android di *restart*. User akan diberikan sebuah *trigger* untuk mengaktifkan *service* atau mematikan *service*. Jika *service* aktif, maka sistem bisa menerima pesan dari *hardware* begitu juga sebaliknya. Selain itu, aplikasi Android dikembangkan menggunakan MIT *App Inventor* untuk menampilkan data sensor secara *real-time* dan mengelola sistem notifikasi/alert.

Implementasi sistem dilakukan langsung di lapangan dengan menghubungkan alat pada jaringan pipa yang aktif. Sistem diuji dalam beberapa skenario, antara lain kondisi normal (air mengalir), kondisi tekanan rendah, dan kondisi tanpa aliran. Pengujian mencakup evaluasi kecepatan pengiriman data, keandalan komunikasi GSM-MQTT, serta respon waktu aplikasi Android dalam menerima dan menampilkan notifikasi. Evaluasi dilakukan baik secara kuantitatif melalui pengukuran *delay*, akurasi sensor, dan tingkat *error* komunikasi maupun secara kualitatif melalui wawancara dengan perangkat desa dan operator teknis terkait kemudahan penggunaan serta efektivitas sistem. Hasil pengujian digunakan untuk menilai sejauh mana sistem ini dapat menjadi solusi pemantauan distribusi air yang efisien, terjangkau, dan sesuai untuk diterapkan di wilayah perdesaan seperti Desa Gobleg.

PEMBAHASAN

Pelaksanaan kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat telah dilaksanakan dari bulan Desember 2024 hingga januari 2025. Implementasi alat deteksi dilaksanakan pada tanggal 13 – 14 Juli 2025. Detail pelaksanaan kegiatan di tunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jadwal Pelaksanaan Kegiatan

| Tanggal | Acara | Durasi |
|--------------|--|------------|
| 13 Juli 2025 | •Pembukaan Kegiatan oleh Kepala Desa dan Direktur BUMDes | •30 menit |
| | •Pemasangan Deteksi Air (Lingkungan Lapang, | •180 menit |

| | | |
|--------------|---|---|
| | <p>Banjar Dinas Asah, Desa Gobleg.)</p> <ul style="list-style-type: none"> •Pemasangan Deteksi Air (Lingkungan Puncak Landep, Banjar Dinas Abasan, Desa Panji Anom, Kecamatan Sukasada.) •Pemasangan Deteksi Air (SMP Negeri Satu Atap 1 Banjar, Banjar Dinas Asah, Desa Gobleg) | <ul style="list-style-type: none"> • 120 menit • 120 menit |
| 14 Juli 2025 | <ul style="list-style-type: none"> •Konfigurasi, implementasi dan evaluasi alat Deteksi Air (Lingkungan Lapang, Banjar Dinas Asah, Desa Gobleg.) •Konfigurasi, implementasi dan evaluasi alat Deteksi Air (Lingkungan Puncak Landep, Banjar Dinas Abasan, Desa Panji Anom, Kecamatan Sukasada.) •Konfigurasi, implementasi dan evaluasi alat Deteksi Air (SMP Negeri Satu Atap 1 Banjar, Banjar Dinas Asah, Desa Gobleg) | <ul style="list-style-type: none"> • 240 menit • 180 menit • 120 menit |



Gambar 2. Pemasangan alat di Lokasi 1 Lingkungan Lapang, Banjar Dinas Asah, Desa Gobleg

Tahap implementasi dilakukan di jaringan pipa distribusi air bersih Desa Gobleg yang mengalirkan air dari Danau Tamblingan menuju area penampungan utama dan selanjutnya ke rumah-rumah warga. Titik-titik pemasangan sensor ditentukan berdasarkan pemetaan lokasi kritis. Sensor utama yang digunakan adalah flow sensor dan didukung *pressure sensor* atau *contactless water level sensor*, dipasang pada tiga tempat berbeda dan dikalibrasi untuk mendeteksi perubahan tekanan maupun keberadaan aliran air dalam kondisi normal maupun bermasalah.

Sistem mikrokontroler berhasil terhubung secara stabil dengan modul GSM SIM800, yang dikonfigurasi untuk mengirim data sensor setiap 30 detik melalui protokol MQTT ke broker MQTT *cloud publik* (HiveMQ). Data yang dikirim berisi nilai tekanan dari kedua sensor dan status level air dari sensor kapasitif. Aplikasi Android yang dikembangkan menggunakan MIT *App Inventor* mampu menampilkan data secara *real-time*, serta mengaktifkan notifikasi ketika sistem mendeteksi kondisi kritis, yaitu saat flow sensor dan water pressure atau water levelling tidak mendeteksi aliran air. Hal ini digunakan sebagai indikator kemungkinan terjadinya gangguan, seperti putusnya sambungan pipa, gangguan pada pompa, atau kebocoran besar.

PENGUJIAN FUNGSIONALITAS ALAT

Pengujian dilakukan dengan menggunakan berapa skenario yaitu sebagai berikut :

- Normal (Aliran Air normal)
Aliran air tidak mengalami masalah
- Air mati durasi 2 menit
Aliran air dimatikan selama dua menit
- Permasalahan Air Secara parsial
Ada aliran tetapi kecil sekali
- Permasalahan Air Tidak mengalir
Air tidak mengalir sama sekali di pipa.

Evaluasi terhadap pengujian Pengujian dilakukan dengan menggunakan confusion matrix sebagai berikut yaitu :

- TP (True Positif) : Sistem mendeteksi “Bermasalah” saat terjadi gangguan aliran.
- TN (True Negatif) : Sistem mendeteksi “Tidak Bermasalah” saat tidak ada gangguan air.

- FN (False Negatif) : Sistem salah menyatakan aman padahal terjadi masalah.
- FP (False Positif) : Sistem salah mendeteksi gangguan, sedangkan tidak ada permasalahan.

Tabel 2. Pengujian Sistem Deteksi Masalah Aliran Air

| N o | Skenario Uji | Jumlah Uji | TP | TN | FP | FN | Akurasi (%) | Rata-rata Waktu Deteksi (s) | Rata-rata Kirim → Broker (s) | Rata-rata Respon Notif (s) | Keterangan |
|--------|---------------------------------|------------|----|----|----|----|-------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|---|
| 1 | Normal (Aman) | 15 | 0 | 15 | 0 | 0 | 100.0 | – | 5.1 | – | Semua aman terdeteksi benar |
| 2 | Air mati 2 menit | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 100.0 | 7.3 | 7.6 | 7.9 | Semua gangguan terdeteksi benar |
| 3 | Permasalahan air secara parsial | 10 | 7 | 0 | 0 | 3 | 70.0 | 7.0* | 6.0 | 7.0 | Hanya 7 dari 10 kali alat mengenali gangguan, sisanya tidak mengirim notifikasi |
| 4 | Permasalahan air tidak mengalir | 15 | 15 | 0 | 0 | 0 | 100.0 | 8.0 | 6.2 | 7.4 | Semua gangguan terdeteksi benar |
| Total | | 50 | 32 | 15 | 0 | 3 | 94 % | 7.7 | 6.2 | 7.4 | 47 dari 50 deteksi benar |

Tabel 2 memperlihatkan hasil pengujian yang telah dilakukan. Total percobaan dilakukan sebanyak lima puluh kali. Perhitungan Akurasi menggunakan

rumus akurasi (Putrada & Ramadhan, 2021):

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100\%$$

Jadi hasil accuracy adalah :

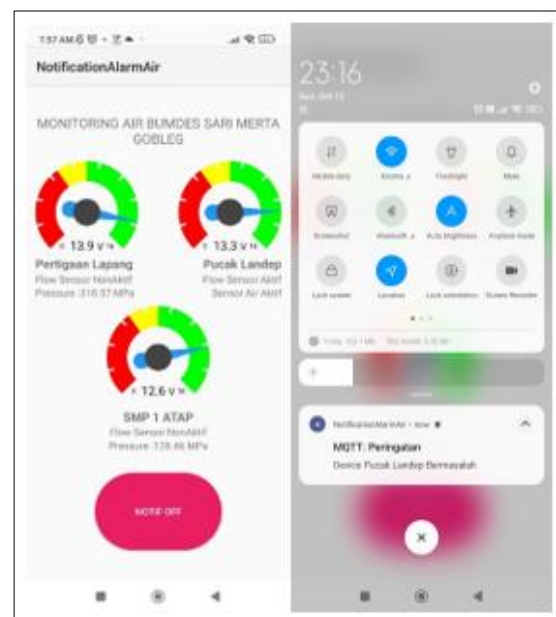
$$Akurasi = \frac{32 + 15}{32 + 15 + 0 + 3} \times 100\% = 94\%$$

Akurasi kinerja dari sistem untuk melakukan deteksi adalah sebesar 94%, dimana sistem bisa dengan baik melakukan deteksi terjadinya kemacetan aliran air dari sumber ke tujuan (rumah warga). Pada skenario normal waktu rata-rata deteksi dan respon berupa notif tidak ada, dikarenakan sistem tidak mengirimkan pesan deteksi ke broker MQTT, waktu yang ada di MQTT itu adalah waktu pengiriman detail nilai dari sensor. Untuk permasalahan air secara parsial, waktu deteksi rata-rata tersebut dihitung dari keberhasilan deteksi sebanyak 7s kali sehingga total rata-rata waktunya menjadi 7.7 s. Berdasarkan dari hasil uji coba, waktu maksimal pengiriman dari awal deteksi sampai ke notifikasi adalah 22.8s. Waktu tersebut dipengaruhi oleh proses mendapatkan nilai sensor untuk deteksi, transmisi ke broker MQTT dan waktu dari broker MQTT ke perangkat user. Kondisi broker MQTT bisa mempengaruhi dikarenakan sifatnya open serta sinyal dan koneksi jaringan GPRS modem.



Gambar 3. Lingkungan Puncak Landep, Banjar Dinas Abasan, Desa Panji Anom, Kecamatan Sukasada

Proses pengujian dan pemasangan alat dibantu oleh petugas teknis yang mengerti tentang titik pemasangan alat seperti yang terlihat pada gambar 3. Petugas dan kepala dusun melihat bahwa sistem ini dapat bekerja dengan baik dan membantu dalam pemantauan gangguan pendistribusian air pada pipa, karena sebelumnya gangguan hanya diketahui setelah warga melapor secara langsung. Petugas melalui aplikasi android dan notifikasi seperti pada gambar 4 bisa segera mengecek titik permasalahan aliran air dengan segera. Pada proses serah terima tim pengabdian secara simbolis melakukan serah terima sistem dengan Ketua pelaksana Bumdes Sari Amertha seperti yang terlihat pada gambar 5. Pembahasan dari hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem yang dibangun berhasil menjawab kebutuhan monitoring distribusi air secara *real-time* di wilayah pedesaan dengan keterbatasan infrastruktur.



Gambar 4. Tampilan Aplikasi Android dan Notifikasi



Gambar 5. Serah Terima Peralatan Deteksi Air ke BUMDes Gobleg

Penggunaan protokol MQTT berbasis GSM terbukti efisien dalam kondisi jaringan seluler yang tidak selalu stabil. Sensor yang digunakan juga sesuai dengan kondisi lapangan. Selain itu, antarmuka Android yang sederhana memudahkan pengguna non-teknis dalam memahami status sistem. Beberapa kelemahan yang masih ditemukan adalah kebutuhan daya stabil dan keterbatasan aplikasi dalam menampilkan data historis, yang akan menjadi fokus pengembangan selanjutnya.

SIMPULAN

Kegiatan pengabdian masyarakat di Desa Gobleg telah berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring aliran air berbasis Internet of Things (IoT) yang menggunakan dua sensor tekanan, satu sensor level air tanpa kontak, serta komunikasi data melalui modul GSM dan protokol MQTT dengan notifikasi ke aplikasi Android. Sistem diuji langsung pada jaringan distribusi air dari Danau Tamblingan dan mampu mendeteksi gangguan secara akurat dengan tingkat akurasi 94% serta waktu respon rata-rata kurang dari 10 detik dan waktu total maksimal dari deteksi sampai terima notifikasi adalah 22.8s. Implementasi ini terbukti efektif membantu petugas memantau kondisi pipa tanpa pengecekan manual. Ke depan, sistem dapat dikembangkan dengan penyimpanan data historis, integrasi sensor kualitas air, dan peningkatan fitur aplikasi Android untuk visualisasi serta pengaturan ambang batas

UCAPAN TERIMA KASIH

Keberhasilan kegiatan pengabdian ini tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak yaitu: Rektor Institut Teknologi dan Bisnis STIKOM Bali, Direktur Penelitian Pengabdian Masyarakat dan HKI, Mitra Pengabdian, seluruh Tim Pengabdian yang terlibat. Oleh karena itu, kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang terlibat dalam kegiatan pengabdian masyarakat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Putrada, A.J., & Ramadhan, N.G. (2021). *A Proposed Hidden Markov Model Method for Dynamic Device Pairing on Internet of Things End Devices*. IRCS-ITB, 14(3), 274–285.
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Statistik air bersih dan sanitasi 2022*. BPS Indonesia.
- World Health Organization. (2020). *Water, sanitation, hygiene, and health: A primer for health professionals*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240014473>
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645–1660. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- Zhang, D., Yang, L. T., Chen, M., & Zhao, S. (2020). A real-time and energy-efficient scheduling algorithm for smart water monitoring system. *Sensors*, 20(12), 3546. <https://doi.org/10.3390/s20123546>
- Prasetyo, Y., & Hadi, S. (2021). Sistem monitoring tekanan air berbasis IoT menggunakan ESP32 dan sensor tekanan. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, 17(2), 97–104. <https://doi.org/10.33333/jiti.v17i2.123>
- Maulana, R., & Nugroho, T. (2019). Rancang bangun sistem deteksi

- tekanan air pipa berbasis sensor dan mikrokontroler. *Jurnal Teknik Elektro*, 14(1), 25–32.
- Purnama, A., Wicaksono, A., & Dwi, S. (2022). Sistem deteksi level air tangki distribusi berbasis NodeMCU dan sensor ultrasonik. *Jurnal Teknologi Terapan*, 9(1), 45–52.
- Santosa, B., & Prasetyo, A. (2021). Perancangan sistem deteksi kebocoran pipa menggunakan sensor tekanan dan ESP32. *Jurnal Elektronika dan Komputer*, 10(3), 188–194.
- Ramadhani, A., Putra, S., & Lestari, N. (2021). Efektivitas aplikasi Android dalam sistem monitoring kebocoran air berbasis IoT. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa*, 15(4), 312–319.
- Wahyudi, T. (2020). Penerapan teknologi LoRa pada sistem pemantauan air berbasis IoT. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, 8(2), 98–105.
- Subakti, M., & Arifin, D. (2019). Implementasi ZigBee communication pada sistem sensor monitoring air. *Jurnal Teknik Telekomunikasi*, 12(1), 67–73.
- Hidayat, R. (2020). Protokol MQTT untuk komunikasi IoT dalam lingkungan jaringan terbatas. *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi*, 11(2), 211–218.
- Wibowo, D., & Suhardi, S. (2020). Monitoring ketinggian air sungai berbasis GSM dengan MQTT. *Jurnal Teknologi Sensor*, 6(1), 33–41.
- Sutrisno, H., & Fadilah, A. (2021). Penerapan sensor kapasitif untuk deteksi level air tanpa kontak langsung. *Jurnal Rekayasa Elektronika*, 9(1), 55–62.
- Permadi, K., & Gunawan, H. (2021). Integrasi sistem IoT dan Android untuk pemantauan jarak jauh pada saluran air. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 17(3), 223–229.