

Penerapan Sistem Pengelolaan Air Sisa Wudhu Otomatis Berbasis IoT di Mushalla Darul Faizin, Desa Kopelma Darussalam

Silviani Amanda, Muhammad Aditya Yufnanda, Muharratul Mina Rizky, Rizka Ramadhana, Niza Aulia, Rahmad Dawood, dan Hendrik Leo*

Departemen Teknik Elektro dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Syech Abdurrauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh, 23111, Indonesia
e-mail: hendrik.leo@usk.ac.id

Abstrak— Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di Mushalla Darul Faizin, Banda Aceh, yang menghadapi permasalahan tingginya konsumsi air bersih akibat belum adanya sistem pengelolaan air wudhu yang efisien. Air sisa wudhu yang masih tergolong layak digunakan kembali selama ini langsung dibuang ke saluran pembuangan tanpa pemanfaatan lebih lanjut. Melalui kegiatan ini, tim pengabdian mengembangkan dan menerapkan sistem daur ulang air wudhu otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang berfungsi untuk mendeteksi, mengumpulkan, menyaring, serta mendistribusikan kembali air sisa wudhu untuk keperluan non-konsumsi seperti pembersihan lantai dan penyiraman tanaman. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor ultrasonik untuk pemantauan level air secara real-time, serta integrasi platform Telegram bot untuk memudahkan pengurus mushalla dalam melakukan monitoring dan kontrol jarak jauh. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem beroperasi stabil dengan reliabilitas mencapai 98,2% dan mampu menghemat penggunaan air bersih hingga sekitar 30%. Selain menghasilkan solusi teknologis yang efisien, kegiatan ini juga meningkatkan kesadaran dan kapasitas pengurus mushalla dalam pengelolaan sumber daya air secara mandiri dan berkelanjutan.

Kata kunci: sistem otomatis, air wudhu, IoT, konservasi air, ESP32

Abstract—This community service program was conducted at Mushalla Darul Faizin in Banda Aceh, which faces the problem of high clean water consumption due to the absence of an efficient ablution water management system. The ablution wastewater, which is still considered reusable, has been discharged directly into the drainage system without further use. To address this issue, the team developed and implemented an automatic ablution water recycling system based on the Internet of Things (IoT) designed to detect, collect, filter, and redistribute used ablution water for non-consumptive purposes such as floor cleaning and plant watering. The system integrates an ESP32 microcontroller, ultrasonic sensors for real-time water level monitoring, and a Telegram bot platform that allows the mosque administrators to monitor and control the system remotely. Implementation results show that the system operates reliably with a 98.2% uptime and reduces clean water usage by approximately 30%. In addition to providing a practical technological solution, this program has also increased the awareness and capacity of mosque administrators in managing water resources independently and sustainably.

Keywords: automated system, ablution water, IoT, water conservation, ESP32

I. PENDAHULUAN

Ketersediaan air bersih merupakan salah satu tantangan global yang semakin mendesak seiring dengan pertumbuhan populasi dan perubahan iklim [1]. Di Indonesia, masalah kelangkaan air mulai dirasakan di berbagai daerah, termasuk di kawasan perkotaan seperti Banda Aceh [2]. Mesjid dan mushalla sebagai pusat aktivitas ibadah umat Islam memiliki konsumsi air yang signifikan, terutama untuk keperluan wudhu [3].

Mushalla Darul Faizin, Desa Kopelma Darussalam di Banda Aceh menghadapi permasalahan tingginya penggunaan air bersih dengan jumlah jamaah mencapai 50-200 orang per hari. Setiap jamaah rata-rata menggunakan 3

liter air untuk berwudhu, sehingga total konsumsi air dapat mencapai 1000 liter per hari. Sayangnya, air sisa wudhu tersebut langsung dibuang ke saluran pembuangan tanpa dimanfaatkan kembali, padahal air tersebut masih layak digunakan untuk keperluan non-konsumsi seperti membersihkan lantai mesjid, toilet, dan menyiram tanaman.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem daur ulang air wudhu. Penelitian [4] telah merancang sistem daur ulang air wudhu bernama RABANI (Reaktor Baru Wudhu Masa Kini) dengan metode NEO yang menggabungkan teknologi Nanofiltrasi berbasis zeolit, Elektrokoagulasi, dan Ozonisasi. Namun, sistem tersebut masih memiliki keterbatasan dalam hal monitoring dan kontrol yang terintegrasi. Studi [5] menunjukkan bahwa

implementasi sistem *greywater* di rumah tangga dapat mengurangi konsumsi air hingga 40%. Namun, penelitian tersebut lebih berfokus pada aspek teknis tanpa mempertimbangkan integrasi dengan teknologi IoT untuk monitoring *real-time*.

Berdasarkan identifikasi kesenjangan tersebut, kegiatan pengabdian ini mengembangkan sistem pengelolaan air sisa wudhu otomatis berbasis IoT yang terintegrasi dengan *platform* monitoring *real-time*. Inovasi yang ditawarkan meliputi integrasi sensor ultrasonik untuk monitoring kapasitas tangki, sistem kontrol otomatis menggunakan ESP32, dan *platform* monitoring berbasis Telegram bot. Sistem ini dirancang untuk mengoptimalkan pemanfaatan air sisa wudhu sekaligus meningkatkan kesadaran jamaah tentang pentingnya konservasi air.

Tujuan dari pengabdian masyarakat ini adalah mengimplementasikan sistem yang dapat mendeteksi, mengumpulkan, dan mendistribusikan air sisa wudhu secara otomatis. Sistem ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan terhadap air bersih hingga 30% serta menjadi model percontohan bagi mushalla dan mesjid lain di wilayah Banda Aceh. Selain itu, program ini juga bertujuan untuk meningkatkan kapasitas pengurus mushalla dalam mengoperasikan dan merawat sistem teknologi sederhana berbasis IoT.

Keberlanjutan program ini didukung oleh pendekatan *community-based water conservation* yang melibatkan pengurus mushalla dan masyarakat setempat. Implementasi sistem ini sejalan dengan prinsip *Sustainable Development Goals* (SDG) 6.4 tentang efisiensi penggunaan air dan SDG 13.3.1 tentang peningkatan kesadaran terhadap perubahan iklim [6]. Dengan demikian, program pengabdian masyarakat ini tidak hanya menyelesaikan permasalahan teknis tetapi juga memberdayakan masyarakat dalam mengelola sumber daya air secara berkelanjutan.

II. STUDI PUSTAKA

A. Kondisi Mitra

Mitra kegiatan ini adalah Mushalla Darul Faizin yang berlokasi di lingkungan Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh. Mesjid ini menjadi pusat aktivitas ibadah dan kegiatan keagamaan sivitas akademika serta masyarakat sekitar kampus. Aktivitas utama jamaah meliputi Shalat wajib, kegiatan keagamaan rutin, dan penggunaan fasilitas wudhu yang cukup intens, terutama pada waktu-waktu Shalat berjamaah. Berdasarkan hasil observasi, penggunaan air untuk wudhu masih sangat tinggi karena sistem kran belum

dilengkapi dengan pengatur debit air, sehingga menyebabkan pemborosan air bersih.

Selain itu, belum tersedia sistem pengelolaan atau daur ulang air wudhu yang memadai. Air bekas wudhu langsung dialirkan ke saluran pembuangan tanpa dimanfaatkan kembali, padahal secara kualitas tergolong air abu-abu (*greywater*) yang masih berpotensi untuk diolah dan digunakan kembali, misalnya untuk penyiraman taman atau *flushing* toilet. Kondisi ini menunjukkan bahwa mitra memiliki permasalahan efisiensi dan konservasi air, terutama di area tempat wudhu yang beroperasi sepanjang hari. Pada Gambar 1 dapat dilihat kondisi wudhu dari mitra yang masih bersifat konvensional/manual.

B. Konservasi Air dalam Perspektif Islam

Air menempati posisi yang sangat vital dalam ajaran Islam, tidak hanya sebagai sarana bersuci tetapi juga sebagai sumber kehidupan yang harus dijaga kelestariannya. *Al-Qur'an* dalam surah *Al-Anbiya* ayat 30 menyebutkan bahwa Allah menjadikan segala sesuatu yang hidup dari air, yang mengindikasikan pentingnya menjaga keberlangsungan sumber daya air [7]. Penelitian [8] mengungkapkan bahwa nilai-nilai konservasi air telah tertuang secara implisit dalam berbagai teks keagamaan Islam, yang dapat menjadi landasan spiritual bagi pengelolaan air berkelanjutan.

Studi lapangan yang dilakukan oleh di beberapa institusi pendidikan Islam menunjukkan bahwa pendekatan religius efektif dalam membangun kesadaran masyarakat tentang pentingnya konservasi air [9]. Implementasi nilai-nilai Islam dalam pengelolaan air di mesjid dan mushalla tidak hanya memberikan dampak ekologis tetapi juga memperkuat dimensi spiritual dalam kehidupan beragama.

C. Sistem Daur Ulang Air Greywater

Air sisa wudhu termasuk dalam kategori *greywater* yang memiliki tingkat pencemaran relatif rendah sehingga memungkinkan untuk dimanfaatkan kembali. Menurut studi [10], *greywater* dari aktivitas wudhu mengandung kontaminan organik yang dapat diolah dengan sistem filtrasi sederhana. Menurut penelitian [11], *greywater* dari aktivitas wudhu mengandung berbagai kontaminan organik seperti bahan kimia rumah tangga, senyawa organik terlarut, serta mikro-organisme, yang dapat diolah menggunakan sistem filtrasi sederhana berbasis kombinasi pasir silika, karbon aktif, dan lapisan kerikil untuk menghasilkan air daur ulang yang layak digunakan kembali untuk keperluan non-konsumsi.

D. Teknologi IoT dalam Manajemen Air

Perkembangan *Internet of Things* (IoT) telah membuka peluang baru dalam optimasi sistem manajemen air. Menurut penelitian dari [12], [13], sistem monitoring air berbasis IoT yang terintegrasi dengan *cloud computing* mampu memantau konsumsi air secara *real-time* dan mendeteksi kebocoran secara dini.

Penelitian [14] tentang *smart water grid* menekankan pentingnya integrasi sensor dan aktuator dalam sistem manajemen air modern. Mereka mengembangkan prototipe sistem yang mampu mengoptimalkan distribusi air berdasarkan data *real-time* dari sensor dan katup otomatis (aktuator). Namun, aplikasi sistem ini pada skala kecil



Gambar 1. Kondisi tempat wudhu di Mushalla Darul Faizin

seperti mushalla masih memerlukan adaptasi lebih lanjut karena sebagian besar studi difokuskan pada jaringan utilitas besar.

III. METODE/DESAIN

A. Lokasi Mitra dan Jadwal Pengabdian

Implementasi sistem dilaksanakan di Mushalla Darul Faizin, Kopelma Darussalam, Banda Aceh. Sedangkan tampilan gedung mushalla Darul Faizin dapat dilihat pada Gambar 2. Adapun lokasi dari mitra dapat diakses melalui link: <https://maps.app.goo.gl/kBWLZur4f14gzqcVA>



Gambar 2. Tampilan gedung Mushalla Darul Faizin

Pemilihan lokasi ini didasarkan pada beberapa pertimbangan strategis. Pertama, mushalla ini memiliki tingkat kunjungan jamaah yang cukup tinggi dengan rata-rata 50-200 orang per hari, sehingga potensi penghematan air cukup signifikan. Kedua, dukungan dari pengurus mushalla yang sangat antusias terhadap inisiatif konservasi air. Ketiga, kondisi instalasi air yang telah ada memungkinkan untuk modifikasi tanpa mengganggu aktivitas ibadah. Kegiatan pengabdian berlangsung selama 3 bulan dari bulan Desember 2024 sampai dengan Februari 2025.

B. Desain Sistem dan Alat Penyaring

Desain sistem alat penyaring air wudhu ini dikembangkan melalui proses diskusi intensif bersama mitra untuk memastikan rancangan yang dihasilkan benar-benar sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lapangan. Sistem yang dibangun ditunjukkan pada Gambar 3, yang terdiri atas dua komponen utama, yaitu kotak kontrol dan dua tabung penampungan—masing-masing berfungsi sebagai wadah air bersih dan air bekas wudhu. Kotak kontrol berperan sebagai pusat pengendalian dan pemantauan otomatis, sedangkan tabung berfungsi untuk menampung, menyaring, dan menyalurkan air hasil daur ulang.

Rangkaian sistem ini dirancang agar mampu melakukan pemantauan level air secara real-time, mengontrol aliran air antar tangki, serta menjalankan proses penyaringan secara otomatis. Komponen utama yang digunakan dalam sistem dapat dilihat pada Tabel 1.

Sistem yang dibangun mengintegrasikan berbagai komponen elektronik dan mekanik yang dipilih berdasarkan pertimbangan akurasi, daya tahan, dan biaya. Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk memantau level air

dalam tangki dengan akurasi $\pm 3\text{mm}$. Mikrokontroler ESP32 dipilih sebagai otak sistem karena kemampuannya dalam konektivitas *WiFi* dan kapasitas *processing* yang memadai untuk aplikasi *IoT*.



Gambar 3. Tampilan desain sistem alat filter air wudhu

Tabel 1. Spesifikasi Komponen Utama Sistem

Komponen	Spesifikasi	Fungsi
ESP32	Dual-core, WiFi 802.11 b/g/n	Pusat kendali sistem
Sensor ultrasonik HC-SR04	Range 2-400cm, akurasi $\pm 3\text{mm}$	Monitoring level air tangki
Pompa Air DC 12V	Max flow 120L/min, head 3m	Transfer air antar tangki
Filter Air	3-stage dengan housing stainless	Penyaringan Kotoran
Relay Modul	2-channel, 10A/250VAC	Kontrol pompa otomatis
LCD 20x4	I2C interface	Display status lokal

C. Alur Kerja Sistem

Alur kerja sistem dirancang untuk beroperasi secara otomatis dengan intervensi manual minimal. Air sisa wudhu dialirkan melalui pipa PVC 3/4 inch menuju tangki penampungan sementara. Sensor ultrasonik pertama memantau level air dalam tangki sementara. Ketika mencapai *threshold* tertentu, mikrokontroler mengaktifkan pompa untuk mentransfer air ke tangki utama melalui sistem filtrasi.

Pada tangki utama, sensor ultrasonik kedua terus memantau kapasitas tersedia. Data level air dikirim secara *real-time* ke *platform* monitoring melalui koneksi *WiFi*. Sistem dirancang dengan mekanisme *fail-safe* (gagal-aman)

dimana jika tangki utama penuh, air akan dialirkan ke saluran pembuangan untuk mencegah agar air tidak meluap.

D. Metode Implementasi IoT dan Monitoring

Sistem monitoring menerapkan arsitektur *client-server* dengan ESP32 sebagai *client* dan Telegram bot sebagai *interface user*. Bot Telegram dikembangkan menggunakan Telegram Bot API dengan *library Universal Telegram Bot Library* untuk Arduino IDE. Pengurus mushalla dapat memantau status sistem melalui perintah sederhana seperti `/status` untuk melihat level air dan `/control` untuk mengoperasikan pompa manual.

Data sensor dikirim setiap 30 detik ke *platform* monitoring dengan format JSON yang berisi informasi *timestamp*, level air tangki 1 dan 2, status pompa, serta kualitas sinyal *WiFi*. Sistem *logging* lokal juga diimplementasikan pada *SD card* untuk *backup* data apabila koneksi internet terputus.

IV. HASIL IMPLEMENTASI

A. Implementasi Sistem pada Lokasi Mitra

Sistem berhasil diimplementasikan di Mushalla Darul Faizin seperti yang terlihat pada Gambar 4. Selama periode pengujian 30 hari, sistem menunjukkan kinerja yang stabil dengan reliabilitas 98,2% yang diukur berdasarkan *Mean Time Between Failure* (MTBF). Sistem berhasil mengolah air sisa wudhu dengan kapasitas rata-rata 200 liter per hari.

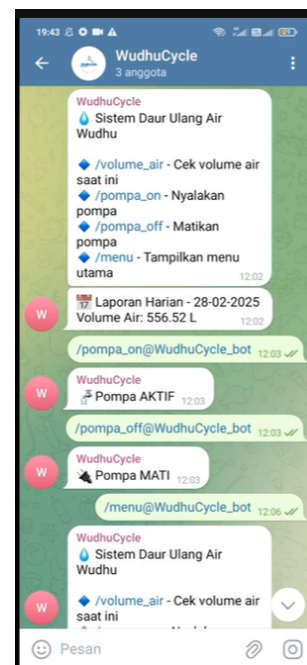


Gambar 4. Penerapan alat dan sosialisasi pada mitra

Data monitoring menunjukkan bahwa sistem beroperasi optimal pada jam sibuk (waktu Shalat) dengan kemampuan memproses air sisa wudhu hingga 50 liter per jam. Sensor ultrasonik HC-SR04 terbukti akurat dalam mendeteksi level air dengan deviasi rata-rata hanya 2,1% dari volume aktual. Analisis lebih mendalam menunjukkan bahwa faktor perilaku jamaah mempengaruhi efektivitas penghematan. Pada hari kerja, ketika jamaah didominasi oleh mahasiswa, pola penggunaan air lebih efisien dibandingkan akhir pekan di mana jamaah dari masyarakat umum cenderung menggunakan air lebih banyak.

B. Kinerja Sistem IoT dan Hasil Monitoring

Integrasi ESP32 dengan platform Telegram bot berjalan dengan memuaskan. *Response time* rata-rata 1,8 detik memenuhi kriteria *real-time* monitoring untuk aplikasi IoT. Selama periode pengujian, konektivitas *WiFi* menunjukkan stabilitas 94,5% dengan *dropout* terutama terjadi pada malam hari yang tidak mengganggu operasional sistem karena mekanisme gagal-aman yang telah diimplementasikan. Fitur notifikasi otomatis melalui Telegram terbukti efektif dalam membantu pengurus mushalla memantau sistem seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil monitoring melalui notifikasi Telegram

C. Kualitas Air Hasil Daur Ulang

Air hasil daur ulang memenuhi standar kualitas untuk penggunaan non-konsumsi. Testing laboratorium sederhana pada Tabel 2 menunjukkan tingkat kekeruhan (*turbidity*) 5 NTU, yang berada di bawah batas maksimum 10 NTU untuk air pembersihan lantai. Sistem filtrasi tiga tahap (kapas, karbon aktif, dan sedimen) efektif dalam menyaring partikel padatan tersuspensi tanpa menimbulkan penurunan tekanan signifikan pada aliran air.

Tabel 2. Hasil Uji Kualitas Air Daur Ulang

Parameter	Sebelum Filtrasi	Setelah Filtrasi	Baku Mutu
Kekeruhan (NTU)	25,3	4,8	≤ 10
pH	7,2	7,1	6,5 – 8,5
TDS (mg/L)	185	162	≤ 500
Warna	Sedikit Keruh	Jernih	Jernih

D. Penerimaan dan Kepuasan Pengguna

Survei kepuasan yang dilakukan terhadap 2 pengurus mushalla dan 8 jamaah menunjukkan hasil yang sangat

positif. Sebanyak 93,3% responden menyatakan puas dengan kemudahan operasional sistem, sementara 86,7% menilai sistem membantu mengurangi beban kerja harian. Aspek yang paling diapresiasi adalah kemudahan monitoring melalui Telegram bot dan otomatisasi yang mengurangi intervensi manual.

"Sebelum ada sistem ini, kami harus sering mengecek tangki air dan memompa manual. Sekarang cukup pantau dari smartphone," ungkap salah satu pengurus mushalla. Testimoni ini mencerminkan keberhasilan transfer teknologi sederhana kepada masyarakat.

V. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian masyarakat ini berhasil mengimplementasikan sistem daur ulang air wudhu otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) di Mushalla Darul Faizin, Banda Aceh. Sistem ini berfungsi untuk mendeteksi, mengumpulkan, menyaring, dan mendistribusikan kembali air sisa wudhu secara otomatis dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32, sensor ultrasonik, serta *platform* monitoring berbasis Telegram bot. Hasil implementasi menunjukkan kinerja yang stabil dengan tingkat reliabilitas tinggi, mampu menghemat penggunaan air bersih hingga sekitar 30%, dan menghasilkan air olahan yang memenuhi standar kualitas untuk penggunaan non-konsumsi. Selain memberikan manfaat teknis berupa efisiensi air, kegiatan ini juga meningkatkan pemahaman dan keterampilan pengurus mushalla dalam penerapan teknologi sederhana yang ramah lingkungan. Dengan demikian, sistem ini berpotensi menjadi contoh penerapan konservasi air berbasis komunitas yang efektif dan berkelanjutan di berbagai tempat ibadah lainnya.

REFERENSI

- [1] N. Hasan, R. Pushpalatha, V. S. Manivasagam, S. Arlikatti, and R. Cibin, "Global sustainable water management: A systematic qualitative review," *Water Resources Management*, vol. 37, pp. 5255–5272, 2023.
- [2] J. Harahap, T. Gunawan, S. Suprayogi, and M. Widyastuti, "Current status of domestic wastewater management system in Banda Aceh, Indonesia," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing, 2021, p. 012009.
- [3] F. Mangunjaya, "Sustainable Indonesian mosques (Eco-Masjid)," *Wiener Zeitschrift für Interdisziplinäre Islamforschung in Europa*, vol. 2, no. 1, pp. 24–34, 2024.
- [4] E. Cahyaningrum, R. Y. Suci, dan E. Cahyaningrum, "RABANI (reaktor baru wudhu masa kini): Sistem daur ulang air wudhu yang syar'i berbasis NEO," *Jurnal Dinamika*, vol. 1, no. 1, pp. 54–64, 2020.
- [5] R. T. Idrus, A. Armiwati, N. F. Romadhani, A. Raihan, dan A. N. K. Ningki, "Pengelolaan air limbah greywater rumah tangga," *Vokatek: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 2, no. 1, pp. 17–22, 2024.
- [6] M. Bertule, P. Glennie, P. K. Bjørnsen, G. J. Lloyd, M. Kjellen, J. Dalton, A. Rieu-Clarke, O. Romano, H. Tropp, J. Newton, and J. Harlin, "Monitoring water resources governance progress globally: Experiences from monitoring SDG indicator 6.5.1 on integrated water resources management implementation," *Water*, vol. 10, no. 12, p. 1744, 2018.
- [7] A. Priantina, and M. Y. Saleem, "Islamic perspective on water as a public good," *Al-Ibar: Journal of Theory and Practice in Islamic Economics*, vol. 1, no. 2, pp. 1–18, 2021.
- [8] M. Asrori, M. Muhammad, M. Z. N. Yaqin, W. Firyal, and F. Wahidah, "Water conservation in the Qur'anic perspective: A thematic analysis of ethical water usage in purification rituals," *Studia Ecologiae et Bioethicae*, vol. 23, no. 3, pp. 35–47, 2025.
- [9] A. Muin, M. Z. Rosyid, H. Rahman, and R. Rofiqi, "Ecological tauhid-based green school management: A case study of eco-pesantren implementation at Mambaul Ulum islamic junior high school, Pamekasan," *EDUKASIA Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, vol. 6, no. 1, pp. 551–562, 2025.
- [10] M. Oteng-Peprah, M. A. Acheampong, and N. K. DeVries, "Greywater characteristics, treatment systems, reuse strategies and user perception—a review," *Water, Air, & Soil Pollution*, vol. 229, p. 255, 2018.
- [11] E. Shahsavani, M. H. Ehrampoush, M. R. Samaci, E. A. Mehrizi, F. Madadzadeh, A. Abbasi, M. Shiranian, A. Mohammadpour, and A. A. Ebrahimi, "Real and synthetic greywater treatment by a combined process of ozonation, granular activated carbon, and ultrafiltration," *Health Scope*, vol. 11, no. 2, p. e123644, 2022.
- [12] H. Fuentes, and D. Mauricio, "Smart water consumption measurement system for houses using IoT and cloud computing," *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 192, p. 602, 2020.
- [13] H. M. Ramos, A. Kuriqi, M. Besharat, E. Creaco, E. Tasca, O. E. Coronado-Hernández, R. Pienika, and P. Iglesias-Rey, "Smart water grids and digital twin for the management of system efficiency in water distribution networks," *Water*, vol. 15, no. 6, p. 1129, 2023.
- [14] Public Utilities Board Singapore, "Managing the water distribution network with a smart water grid," *Smart Water*, vol. 1, p. 4, 2016.