

DESAIN DAN IMPLEMENTASI SMART WATER METER BERBASIS ESP32-IOT TERINTEGRASI BLYNK

Hasbi N. P. Wisudawan ^{1*)}, M. Yasin A. T ¹⁾, Ghazy D. Tharif ¹⁾

1) Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia

E-mail: hasbi.wisudawan@uii.ac.id

Abstrak

Makalah Air merupakan kebutuhan vital manusia yang penggunaannya perlu dikelola secara efisien. Meteran air analog konvensional yang digunakan PDAM memiliki keterbatasan, seperti kesulitan monitoring konsumsi, perhitungan tagihan, dan deteksi kebocoran yang seringkali menyebabkan lonjakan biaya tanpa disadari. Penelitian ini mengusulkan dan merealisasikan smart water meter berbasis Internet of Things (IoT) yang memanfaatkan mikrokontroler ESP32, sensor aliran YF-S201C, solenoid valve, serta aplikasi Blynk untuk pemantauan real-time. Sistem dirancang agar mampu menampilkan volume air, perhitungan tagihan, dan mendeteksi kebocoran secara otomatis. Proses perancangan mencakup perangkaian elektronik, pemrograman, kalibrasi sensor, serta pembuatan casing 3D berbahan akrilik untuk ketahanan dan kepraktisan penggunaan. Pengujian dilakukan menggunakan berbagai volume sampel (1–19 liter) dengan 30 kali percobaan. Hasilnya menunjukkan tingkat akurasi rata-rata sebesar 99,79 %, dengan error relatif yang sangat rendah. Selain itu, sistem notifikasi kebocoran terbukti mampu memberikan peringatan cepat ketika aliran air tidak wajar terdeteksi. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa alat yang diusulkan dapat menjadi solusi alternatif pengganti meteran analog PDAM, sekaligus meningkatkan efisiensi manajemen air bagi konsumen maupun penyedia layanan.

Kata kunci: Smart Water Meter, IoT, ESP32, monitoring real-time, deteksi kebocoran.

Pendahuluan

Air merupakan sumber daya yang sangat penting bagi kehidupan manusia dan aktivitas pembangunan. Pengelolaan dan pengendalian penggunaan air menjadi isu krusial di era saat ini karena meningkatnya kebutuhan air bersih, ketidakseimbangan distribusi, serta adanya tantangan lingkungan seperti kekeringan dan perubahan iklim. Efisiensi konsumsi air menjadi prioritas untuk mengurangi pemborosan, meminimalkan biaya operasional, dan mendukung keberlanjutan sumber daya air di masa mendatang [1].

Di sisi lain, perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah membuka peluang besar dalam transformasi berbagai aspek kehidupan, termasuk sektor pengelolaan air. IoT memungkinkan perangkat konvensional untuk terhubung ke jaringan, memfasilitasi pemantauan *real-time*, kontrol jarak jauh, serta pengumpulan dan analisis data secara akurat. Implementasi IoT telah memberikan manfaat nyata dalam manajemen energi, sistem pertanian cerdas (*smart farming*), hingga sistem rumah pintar (*smart home*) [2, 3]. Secara umum, IoT terbukti meningkatkan efisiensi dan responsivitas sistem layanan di berbagai domain, termasuk pengelolaan air [4, 5].

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji penerapan teknologi cerdas dalam sistem meteran air. Ramadhan et al. [1] mengusulkan desain *Smart Water Meter* berbasis IoT untuk meningkatkan akurasi dan akses *real-time* pengguna. Saputra et al. [2] mengembangkan perangkat meter air pintar berbasis ESP32 guna mendukung layanan PDAM dengan pengukuran otomatis. Studi lainnya menggunakan komunikasi LoRa untuk sistem e-Water Meter di lingkungan kota pintar dengan kesalahan pengukuran rendah di bawah 1 % [3]. Di tingkat global, terdapat sistem IoT berbasis LoRa dengan board STM32, sensor aliran presisi, dan kontrol katup otomatis yang menjamin stabilitas dan akurasi transmisi data [4]. Penelitian serupa juga dilakukan dengan pendekatan blockchain-IPFS untuk meningkatkan keamanan data [5], serta teknik *data imputation* untuk memperbaiki kualitas data pada jaringan distribusi air [6]. Selain itu, penelitian oleh Bakti et al. [8] mengembangkan sistem monitoring kapasitas dan kualitas air berbasis LoRa, Hermansyah dan Silitonga [9] merancang prototipe flow meter berbasis ESP8266 dengan monitoring IoT, serta Sandi dan Sulistiani [10] menerapkan IoT untuk sistem pengisian dan penggunaan air otomatis. Ketiga

penelitian tersebut menegaskan besarnya potensi IoT dalam monitoring air, meskipun fokusnya masih terbatas pada kapasitas, kualitas, atau kontrol dasar aliran air.

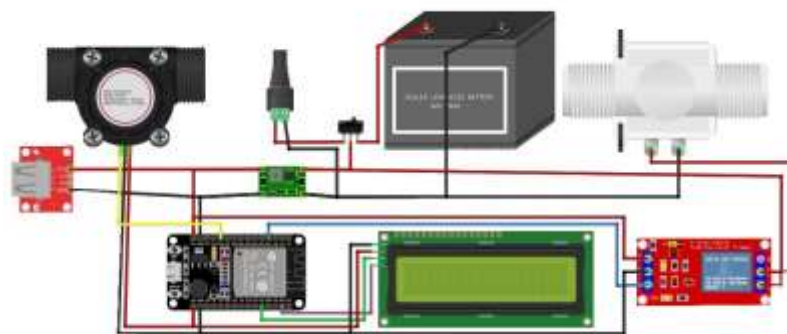
Penelitian ini mengusulkan solusi *Smart Water Meter* berbasis ESP32 dan aplikasi Blynk, yang menjadi alternatif modern untuk menggantikan meteran air analog konvensional PDAM. Sistem ini dirancang untuk memfasilitasi monitoring konsumsi air *real-time*, estimasi tagihan otomatis, serta deteksi kebocoran dengan cepat dan efektif. Pada penelitian sebelumnya, Saputra et al. [2] mengembangkan meteran air pintar berbasis ESP32 yang mampu mencatat penggunaan air dan menampilkan data melalui aplikasi IoT. Namun, penelitian tersebut belum menekankan aspek notifikasi kebocoran secara *real-time*, yang penting untuk mencegah pemborosan air dan lonjakan biaya tagihan. Selain itu, sistem yang ada masih terbatas pada pemantauan dasar tanpa integrasi penuh dengan fitur prediksi tagihan sesuai standar PDAM. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan kontribusi lebih lanjut dengan menghadirkan fitur notifikasi kebocoran, akurasi pengukuran tinggi, serta antarmuka pengguna yang lebih *user-friendly* melalui aplikasi Blynk, sehingga mendukung kebutuhan efisiensi pengelolaan air di era digital dan *smart city*.

Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen dengan tahapan perancangan, implementasi, dan pengujian sistem *Smart Water Meter* berbasis IoT. Perangkat utama yang digunakan adalah mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, flow sensor YF-S201C untuk mengukur debit air, solenoid valve sebagai aktuator kontrol aliran, serta LCD I2C untuk menampilkan data lokal. Sistem ini diintegrasikan dengan aplikasi Blynk sebagai antarmuka pengguna, yang berfungsi menampilkan data pemakaian air secara *real-time*, perhitungan tagihan, serta memberikan notifikasi kebocoran. Tahap penyusunan sistem terdiri dari perancangan sistem elektronik, pembuatan aplikasi atau antar-muka, dan pengukuran. Masing-masing tahapan dapat dijelaskan sebagai berikut.

Rangkaian Elektronik

Tahap pertama adalah perancangan sistem elektronik yang melibatkan penyusunan diagram blok, perangkaian komponen pada papan rangkaian, dan pengujian fungsional awal setiap modul. ESP32 dipilih karena mendukung konektivitas Wi-Fi yang stabil serta memiliki kapasitas pemrosesan tinggi, sehingga sesuai untuk pengiriman data secara *real-time*. Flow sensor YF-S201C dipasang pada jalur pipa air untuk mengukur volume aliran yang dilewatkan, sedangkan solenoid valve berfungsi sebagai pengontrol aliran jika terdeteksi anomali. Perancangan rangkaian elektronik ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian elektronik *Smart Water Meter*

Esp32 berfungsi mengendalikan dan mengoordinasikan semua komponen karena memiliki kemampuan konektivitas WiFi serta kapasitas pemrosesan yang tinggi. Flow Sensor YF-S201C dipasang pada pipa untuk mengukur volume air yang mengalir secara *real-time*, dengan data yang

diperoleh kemudian dikirimkan ke Esp32 untuk diproses. Hasil pengukuran dan status sistem ditampilkan pada LCD I2C untuk memudahkan pengguna memantau penggunaan air secara langsung. Modem Internet digunakan untuk memastikan sistem dapat terhubung ke internet dan mengirimkan data ke server atau aplikasi pengguna, memungkinkan pemantauan dan kontrol dari jarak jauh. *Step-Up Module* memastikan semua komponen mendapatkan suplai daya yang cukup, terutama ketika tegangan yang tersedia tidak mencukupi untuk mengoperasikan semua perangkat Antarmuka, Kalibrasi, dan Metode Pengukuran Performa.

Tahap kedua adalah pengembangan perangkat lunak, yang mencakup pemrograman mikrokontroler ESP32 dengan bahasa C/C++ menggunakan Arduino IDE. Program dirancang untuk membaca sinyal pulsa dari *flow sensor*, menghitung debit dan volume air, serta mengolah data menjadi informasi tagihan sesuai standar tarif PDAM. Selain itu, ESP32 diprogram untuk mengirimkan data secara periodik ke server *Blynk* melalui jaringan Wi-Fi. Pada sisi aplikasi, dashboard Blynk dibuat agar pengguna dapat memantau penggunaan air harian, melihat estimasi tagihan bulanan, dan menerima peringatan apabila terjadi kebocoran.

Tahap ketiga adalah kalibrasi sensor untuk memastikan akurasi pengukuran. Proses kalibrasi dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan volume aktual pada wadah berkapasitas tertentu (1 liter, 5 liter, 10 liter, 15 liter, dan 19 liter). Setiap pengujian dilakukan berulang sebanyak enam kali untuk memperoleh nilai rata-rata *error* dan akurasi. Kalibrasi ini bertujuan mengurangi deviasi pembacaan sensor sehingga hasil pengukuran lebih presisi.

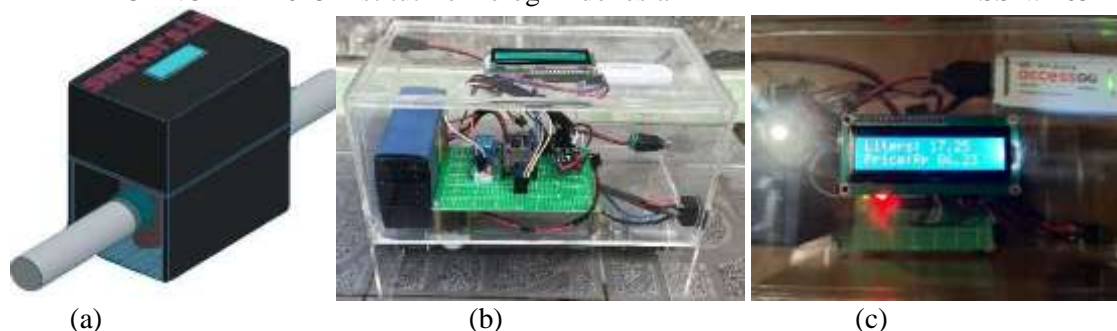
Tahap keempat adalah pengujian sistem secara menyeluruh, yang meliputi uji akurasi pengukuran debit air, uji ketahanan sistem, dan uji notifikasi kebocoran. Pada uji akurasi, data pembacaan sensor dibandingkan dengan volume aktual untuk menghitung *error* absolut dan relatif. Pada uji notifikasi kebocoran, dilakukan simulasi aliran air yang terus menerus selama beberapa menit tanpa konsumsi normal, sehingga sistem dapat mendeteksi kondisi anomali dan mengirimkan notifikasi ke aplikasi Blynk.

Tahap terakhir adalah analisis data hasil pengujian. Data kuantitatif berupa akurasi pengukuran, *error* rata-rata, dan waktu respon sistem dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif. Sementara itu, hasil pengujian notifikasi dianalisis secara kualitatif untuk menilai keandalan sistem dalam mendeteksi kebocoran. Dari analisis ini kemudian disimpulkan tingkat keberhasilan sistem dalam memenuhi tujuan penelitian, yaitu menciptakan meteran air pintar yang akurat, efisien, dan mendukung pengelolaan air secara modern.

Bagian ini menyajikan hasil perancangan, implementasi, serta pengujian sistem *Smart Water Meter* berbasis ESP32 dan aplikasi Blynk. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi akurasi pembacaan debit dan volume air, keandalan sistem dalam memberikan notifikasi kebocoran, serta performa aplikasi dalam menampilkan data penggunaan secara *real-time*.

Hasil dan Pembahasan

Gambar 2 menampilkan case alat yang terbuat dari bahan akrilik dengan dimensi 23 cm x 12 cm x 20 cm. Desain ini menunjukkan penggunaan akrilik sebagai material utama, bahan akrilik dipilih karena kejernihan visualnya serta kekuatannya yang baik. Dengan ukuran tersebut, alat ini memiliki ketahanan yang baik dan tampilan yang menarik.



Gambar 2. a) Desain 3D alat, b) Implementasi rangkaian elektronik *smart water meter*, c) Tampilan layar pada alat yang menunjukkan jumlah pemakaian dan harga

Hasil Pengujian Akurasi Pengukuran

Pengujian akurasi dalam pengukuran volume air proses penting untuk memastikan bahwa sistem pengukuran dapat memberikan hasil yang tepat dan konsisten. Dalam pengujian ini, wadah dengan volume yang sudah diketahui digunakan untuk mengukur volume air yang ditampung sebesar 1 liter, 5 liter, 10 liter, 15 liter, dan 19 liter. Sistem pengukuran kemudian digunakan untuk membaca volume air tersebut, dan hasil yang ditampilkan dibandingkan dengan volume wadah yang telah diketahui. Setiap perbedaan antara hasil pengukuran sistem dan volume aktual akan dianalisis untuk menentukan tingkat kesalahan atau *error*. Proses ini melibatkan pencatatan hasil pengukuran yang ditampilkan pada perangkat seperti LCD dan aplikasi, serta validasi hasil tersebut dengan volume wadah yang telah diukur. Dengan melakukan pengujian ini, akurasi sistem pengukuran dapat dipastikan, dan penyesuaian atau kalibrasi dapat dilakukan jika diperlukan untuk meningkatkan keandalan. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran

Hasil Pengukuran V air 1 Liter					Hasil Pengukuran V air 10 Liter				
Uji	V. Air Aktua l (L)	V. Air Hasil Pengukuran (L)	Error Absolute	Waktu (Menit:Detik)	Uji	V. Air Aktua l (L)	V. Air Hasil Pengukuran (L)	Error Absolute	Waktu (Menit:Detik)
1.	1	0.94	0.06	00:18	1.	5	4.90	0.10	00:52
2.	1	1.03	0.03	00:19	2.	5	4.68	0.32	00:52
3.	1	0.98	0.02	00:17	3.	5	4.99	0.01	00:42
4.	1	0.94	0.06	00:16	4.	5	5.16	0.16	00:37
5.	1	1.01	0.01	00:17	5.	5	4.99	0.01	01:14
6.	1	1	0	00:15	6.	5	4.99	0.01	01:02
Rata-Rata		0.98	0.03	00:17	Rata-Rata		4.95	0.10	00:17
Hasil Pengukuran V air 10 Liter					Hasil Pengukuran V air 15 Liter				
Uji	V. Air Aktua l (L)	V. Air Hasil Pengukuran (L)	Error Absolute	Waktu (Menit:Detik)	Uji	V. Air Aktua l (L)	V. Air Hasil Pengukuran (L)	Error Absolute	Waktu (Menit:Detik)
1.	10	10.02	0.06	01:12	1.	15	14.51	0.49	03:10
2.	10	9.92	0.03	01:00	2.	15	14.76	0.28	02:24
3.	10	10.02	0.02	01:03	3.	15	14.42	0.58	01:55
4.	10	9.81	0.06	00:57	4.	15	15.12	0.12	01:45
5.	10	10.12	0.01	01:14	5.	15	15.15	0.15	01:44
6.	10	10.14	0	01:02	6.	15	15.11	0.11	02:00
Rata-Rata		10.01	0.10	01:04	Rata-Rata		14.85	0.29	02:09
Hasil Pengukuran V air 19 Liter					Rata-Rata Hasil Pengukuran				

Uji	V. Air Aktual (L)	V. Hasil Pengukuran (L)	Air Error Absolute	Waktu (Menit:Detik)	Uji	V. Air Aktual (L)	V. Hasil Pengukuran (L)	Air Error Absolute	Waktu (Menit:Detik)
1.	19	19	0	03:15	1.	1	0.97	0	00:17
2.	19	19.3	0.3	02:45	2.	5	4.95	0.10	00:53
3	19	19.5	0.5	02:37	3	10	10.01	0.10	01:01
4.	19	18.35	0.65	03:43	4.	15	14.85	0.29	02:09
5.	19	18.57	0.43	02:16	5.	19	19	0.1	02:56
6.	19	18.45	0.55	03:02	Rata-Rata	9.95	0.1	00:17	
Rata-Rata	19	0	02:56		Akurasi	99.79 %			

Data yang diperoleh dari pengujian menunjukkan hasil sebagai berikut: untuk sampel pertama dengan volume air asli 1,00 liter, hasil pengukuran sensor adalah 0,97 liter dengan waktu pengukuran 00:17 menit. Untuk sampel kedua dengan volume air asli 5,00 liter, hasil pengukuran sensor adalah 4,95 liter dengan waktu pengukuran 00:53 menit. Untuk sampel ketiga dengan volume air asli 10,00 liter, hasil pengukuran sensor adalah 10,01 liter dengan waktu pengukuran 01:01 menit. Untuk sampel keempat dengan volume air asli 15,00 liter, hasil pengukuran sensor adalah 14,85 liter dengan waktu pengukuran 02:09 menit. Untuk sampel kelima dengan volume air asli 19,00 liter, hasil pengukuran sensor adalah 19,00 liter dengan waktu pengukuran 02:56 menit. Akurasi sistem ditunjukkan pada

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Nilai rata-rata}}{\text{Nilai sebenarnya}} \times 100\% \quad (1)$$

Dengan demikian, akurasi sensor YF-S201C dalam pengukuran volume air adalah sebesar 99,79 %. Hasil ini menunjukkan bahwa alat yang diusulkan memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mengukur volume air pada berbagai sampel.

Hasil Uji Antarmuka Blynk dan Notifikasi Kebocoran

Pengujian kebocoran dilakukan dengan melakukan membuat air mengalir terus menerus selama 5 menit, jika sensor membaca aliran air terus menerus selama 5 menit maka blynk akan menyalakan LED pada blynk sebagai indikator pemakaian air tidak wajar, ketika sensor berhenti membaca aliran air indikator led pada blynk akan mati, bisa dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. a) Antarmuka pada aplikasi Blynk di *Smartphone* Android, b) Notifikasi kebocoran pada aplikasi

Hasil pengujian akurasi pengukuran menunjukkan bahwa sistem *Smart Water Meter* berbasis ESP32 dan sensor YF-S201C mampu memberikan hasil yang konsisten dengan tingkat akurasi sangat tinggi. Dari lima variasi volume air yang diuji (1, 5, 10, 15, dan 19 liter) dengan total 30 percobaan, diperoleh rata-rata akurasi sebesar 99,79 % dengan error relatif yang sangat kecil. Nilai error absolut tertinggi tercatat pada pengujian volume 15 liter sebesar 0,29 liter, sedangkan pada pengujian volume 19 liter hasil pengukuran tepat sesuai dengan volume aktual. Hasil ini membuktikan bahwa sensor mampu mengukur debit air secara presisi dan sistem telah berhasil melakukan kalibrasi dengan baik. Selain itu, uji deteksi kebocoran menunjukkan bahwa sistem dapat mengirimkan notifikasi secara real-time melalui aplikasi Blynk ketika terdeteksi aliran air tidak wajar selama periode tertentu. Hal ini menegaskan keandalan sistem dalam memantau penggunaan air sekaligus mencegah potensi pemborosan dan lonjakan biaya tagihan.

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan *Smart Water Meter* berbasis IoT menggunakan ESP32, sensor YF-S201C, dan aplikasi Blynk sebagai antarmuka pengguna. Sistem yang dikembangkan mampu melakukan pemantauan volume air, perhitungan estimasi tagihan, serta deteksi kebocoran secara otomatis dan *real-time*. Hasil pengujian menunjukkan akurasi pengukuran rata-rata mencapai 99,79%, yang menegaskan keandalan sistem dalam mengukur konsumsi air rumah tangga. Fitur notifikasi kebocoran juga terbukti efektif memberikan peringatan dini, sehingga dapat mencegah pemborosan air dan membantu konsumen menghindari lonjakan biaya tagihan. Dengan demikian, *Smart Water Meter* yang diusulkan dapat menjadi alternatif modern pengganti meteran analog PDAM sekaligus mendukung digitalisasi layanan publik di era *smart city*. Untuk penelitian selanjutnya, pengembangan dapat difokuskan pada integrasi sistem dengan basis data PDAM secara langsung dan penerapan pada skala komunitas yang lebih luas.

Daftar Pustaka

- [1] I. W. Ramadhan, H. Stiawan, and F. Firdaus, "Smart Water Meter: Perancangan Sistem IoT untuk Kontrol dan Pemantauan yang Lebih Baik," *Warta Dharmawangsa*, vol. 18, no. 1, pp. 55–62, 2021.
- [2] B. Saputra, S. Winardi, and A. Nugroho, "Rancang Bangun Alat Meteran Air Pintar Berbasis IoT sebagai Penunjang Layanan Distribusi PDAM," *Jurnal RESISTOR (ElekTRonika kEndali TelekOmunikaSi Tenaga liSTrik kOmputeR)*, vol. 4, no. 1, pp. 21–29, 2021.
- [3] A. A. Suhartono and A. Rintiasti, "E-Water Meter untuk Smart City berbasis Teknologi LoRa," *Jurnal Teknologi Bahan dan Barang Teknik*, vol. 12, no. 2, pp. 45–52, 2022.
- [4] X. Li, Y. Chen, and W. Zhang, "Design and implementation of smart IoT water Meter based on LoRa," in *Proc. 2024 8th Int. Conf. Electronic Information Technology and Computer Engineering (EITCE)*, Beijing, China, Oct. 2024, pp. 321–326.
- [5] T. Nododile and C. Nyirenda, "A Hybrid Blockchain-IPFS Solution for Secure and Scalable Data Collection and Storage for Smart Water Meters," *arXiv preprint arXiv:2502.01234*, Feb. 2025.

- [6] D. Amaxilatis, T. Sarantakos, I. Chatzigiannakis, and G. Mylonas, "Filling in the Blanks: Applying Data Imputation in Incomplete Water Metering Data," *arXiv preprint arXiv:2506.04567*, Jun. 2025.
- [7] H. Park and S. Lee, "Smart Water Meter for Automatic Meter Reading," *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1205, no. 1, 012045, 2022.
- [8] V. K. Bakti, A. Basit, and W. Suryanto, "Sistem Monitoring Kapasitas dan Kualitas Air dengan Metode SWAT menggunakan Protokol LoRa berbasis IoT," *Komputika: Jurnal Sistem Komputer*, vol. 11, no. 2, pp. 78–87, 2022.
- [9] Hermansyah and N. Silitonga, "Development of an IoT-Based Water Flow Meter Prototype with a Monitoring System Using ESP8266," *IRAJ Journal of Mechanical Engineering and Applications*, vol. 7, no. 3, pp. 12–17, 2023.
- [10] Y. A. Sandi and H. Sulistiani, "Implementation of Internet of Thing to Automatically Monitor Water Filling and Usage," *SMATIKA Jurnal: STIKI Informatika Jurnal*, vol. 13, no. 1, pp. 33–40, 2023.