

Smart Water Meter: Perancangan Sistem IoT Untuk Kontrol Dan Pemantauan Yang Lebih Baik

Irfan Wahyu Ramadhan¹⁾, Hendra Stiawan²⁾, Firdaus³⁾

Program Studi Teknik Rekayasa Elektro, Fakultas Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia

Email: 23925002@students.uii.ac.id

ABSTRAK - Sistem pengukuran konsumsi air yang efektif dan andal merupakan elemen kunci dalam manajemen sumber daya air yang berkelanjutan. Artikel ini membahas tinjauan awal terkait perancangan *Smart Water Meter* berbasis *Internet of Things (IoT)* sebagai solusi inovatif untuk mengatasi keterbatasan *water meter* konvensional. Metode perancangan sistem disajikan secara sistematis, mulai dari analisis kebutuhan hingga usulan metode pengujian. Fokus utama adalah meningkatkan akurasi pengukuran, memberikan akses *real-time* kepada pengguna, dan mengoptimalkan efisiensi pengelolaan konsumsi air. Komponen-komponen sistem, seperti sensor aliran air, mikrokontroler, konektivitas *IoT*, *platform cloud*, dan antarmuka pengguna, dijelaskan dengan spesifikasi masing-masing. Sistem ini bekerja dengan membaca data dari sensor aliran air, mengirimkannya ke *cloud*, merespons perintah pengguna, menganalisis data, dan menampilkan informasi pada antarmuka pengguna. Usulan metode pengujian mencakup akurasi sensor, kestabilan koneksi *IoT*, responsivitas antarmuka pengguna, ketahanan terhadap kondisi lingkungan, dan analisis keamanan data. Keberhasilan implementasi *Smart Water Meter* diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan konsumsi air, memberikan akses informasi yang lebih baik, dan mendukung konservasi air secara keseluruhan.

Kata Kunci: Smart Water Meter, Internet of Things, Pengelolaan Konsumsi Air.

ABSTRACT - An effective and reliable water consumption measurement system is a key element in sustainable water resources management. This article discusses a preliminary review of the design of Smart Water Meters based on the Internet of Things (IoT) as an innovative solution to overcome the limitations of conventional water meters. The system design method is presented systematically, from requirements analysis to proposed testing methods. The main focus is on improving measurement accuracy, providing real-time access to users, and optimizing the efficiency of water consumption management. The components of the system, such as the water flow sensor, microcontroller, IoT connectivity, cloud platform, and user interface, are described with their respective specifications. The system works by reading data from the water flow sensor, sending it to the cloud, responding to user commands, analyzing the data, and displaying the information on the user interface. Proposed test methods include sensor accuracy, IoT connection stability, user interface responsiveness, robustness to environmental

conditions, and data security analysis. The successful implementation of Smart Water Meter is expected to improve the efficiency of water consumption management, provide better access to information, and support overall water conservation.

Keywords: Smart Water Meter, Internet of Things, Water Consumption Management.

PENDAHULUAN

Pemanfaatan teknologi *Internet of Things (IoT)* telah menjadi pendorong utama revolusi digital, membuka peluang besar untuk meningkatkan efisiensi dan memecahkan masalah yang terkait dengan sistem konvensional di berbagai sektor. Salah satu sektor yang secara khusus mendapatkan perhatian adalah pengukuran konsumsi air, di mana water meter konvensional sering kali menunjukkan keterbatasan dalam akurasi, serta kurangnya kemampuan untuk memberikan pemantauan secara *real-time* (Mudumbe & Abu-Mahfouz, 2015). Dalam konteks ini, perancangan smart water meter muncul sebagai solusi inovatif yang berpotensi mengatasi kendala yang ada. Sistem ini mengintegrasikan teknologi sensor pintar, mikrokontroler, konektivitas IoT, dan platform cloud untuk menciptakan lingkungan pemantauan yang lebih akurat dan efisien terhadap konsumsi air. Solusi ini tidak hanya berfungsi sebagai pengganti *water meter* konvensional, tetapi juga membuka jalan menuju era baru dalam manajemen air yang cerdas (Li & Chong, 2019). Pada sisi operator atau petugas pembaca water meter, tantangan utama yang dihadapi melibatkan efisiensi operasional dan ketepatan pengukuran. Water meter konvensional memerlukan metode pembacaan manual secara periodik, yang dapat menjadi tugas yang rumit dan memakan waktu terutama dalam lingkungan urban yang padat. Contoh kasus nyata dapat ditemui di kawasan perkotaan yang luas, di mana petugas pembaca water meter harus menghadapi kesulitan akses ke beberapa lokasi dan risiko kesalahan pengukuran manual yang mungkin terjadi. Keberhasilan membaca water meter secara akurat menjadi krusial untuk menetapkan biaya air yang adil dan memberikan informasi yang diperlukan untuk perencanaan dan pengelolaan sumber daya air yang efisien. Dengan menerapkan sistem smart water meter yang memanfaatkan teknologi IoT, operator dapat mengatasi kendala tersebut. Solusi ini memungkinkan pengukuran otomatis, pemantauan *real-time*, dan identifikasi kebocoran dengan cepat, yang dapat

meningkatkan efisiensi operasional serta mengurangi kebutuhan untuk intervensi manual yang intensif (Marais dkk., 2016).

Pentingnya mengatasi permasalahan *water meter* konvensional sangat terlihat dalam situasi kasus di berbagai wilayah. Misalnya, di kota-kota yang mengalami pertumbuhan pesat, *water meter* konvensional seringkali sulit untuk memberikan pengukuran yang akurat dan pemantauan yang efektif. Hal ini dapat mengakibatkan kesulitan dalam mengidentifikasi dan mengatasi kebocoran air yang signifikan, menyebabkan pemborosan sumber daya yang berharga dan potensi dampak negatif terhadap lingkungan. Dengan adanya *smart water meter*, kota-kota dapat memanfaatkan teknologi untuk mengoptimalkan pengelolaan konsumsi air, mendukung keberlanjutan, dan meningkatkan kualitas hidup warganya. Melalui penerapan solusi inovatif ini, diharapkan dapat membuka pintu bagi transformasi positif dalam pengelolaan sumber daya air di seluruh dunia (Suresh dkk., 2017)

METODE PENELITIAN

Pengembangan sistem IoT *Smart Water Meter* memerlukan pendekatan perancangan yang sistematis untuk memastikan keberhasilan implementasi. Dalam menghadapi kompleksitas tantangan pengukuran konsumsi air, langkah-langkah perancangan yang cermat diperlukan untuk menciptakan solusi yang efektif dan andal (Mulyanti dkk., 2020).

1. Analisis Kebutuhan Dalam fase Analisis Kebutuhan, langkah pertama adalah mengidentifikasi kebutuhan utama sistem berdasarkan kendala yang dihadapi oleh *water meter* konvensional dan harapan pengguna, operator, serta pihak terkait lainnya. Analisis ini menjadi dasar untuk memahami fungsi utama dan persyaratan sistem yang akan dirancang.
2. Pemilihan Komponen Utama Pemilihan Komponen Utama menjadi langkah kedua dalam perancangan. Proses ini melibatkan evaluasi berbagai komponen kunci seperti sensor pintar, mikrokontroler, modul konektivitas IoT, dan platform

- cloud. Pemilihan ini didasarkan pada kriteria ketersediaan, keandalan, dan fitur yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan sistem.
3. Rancangan Arsitektur Sistem Rancangan Arsitektur Sistem menjadi tahapan ketiga di mana arsitektur keseluruhan sistem ditentukan. Hubungan dan interaksi antar komponen diuraikan untuk memastikan integrasi yang harmonis dan kesesuaian dengan kebutuhan pengguna akhir.
 4. Pengembangan Perangkat Keras (Hardware) Proses Pengembangan Perangkat Keras merupakan langkah keempat dalam mematerialisasikan rancangan arsitektur. Di sini, komponen perangkat keras seperti sensor, mikrokontroler, dan modul konektivitas IoT
 5. Pengembangan Perangkat Lunak (*Software*) Langkah selanjutnya adalah Pengembangan Perangkat Lunak di mana perangkat lunak yang mendukung fungsionalitas sistem dibuat. Pembacaan data sensor, pengiriman data ke *cloud*, pengelolaan data di *cloud*, dan antarmuka pengguna untuk monitoring diimplementasikan dalam tahap ini.
 6. Integrasi dan Pengujian Integrasi dan Pengujian menjadi langkah keenam, di mana integrasi komponen perangkat keras dan perangkat lunak dilakukan. Pengujian menyeluruh dilakukan untuk memastikan kinerja yang stabil dan akurat, termasuk simulasi kondisi nyata penggunaan.
 7. Implementasi *Prototype* Implementasi *Prototype*, langkah ketujuh, melibatkan pembuatan *prototype* sistem dan pengujian di lingkungan operasional nyata. Umpan balik dari pengguna dan operator diharapkan memberikan wawasan untuk penyempurnaan lebih lanjut.
 8. Optimasi dan Skalabilitas Langkah kedelapan, adalah proses identifikasi area untuk pengoptimalan, baik dari segi kinerja maupun efisiensi energi. Pastikan bahwa sistem dapat diskalakan sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan.
 9. Pengembangan Antarmuka Pengguna Pengembangan Antarmuka Pengguna, langkah kesembilan, memfokuskan pada pembuatan antarmuka pengguna yang ramah pengguna dan informatif. Tujuan utamanya adalah memungkinkan

pengguna dan operator untuk memonitor dan mengelola konsumsi air dengan mudah.

10. Pelatihan dan Implementasi Pelatihan dan Implementasi, langkah kesepuluh, melibatkan pelatihan bagi operator terkait untuk memastikan pemahaman yang baik terhadap penggunaan sistem. Setelahnya, sistem diimplementasikan secara penuh dalam lingkungan operasional.
11. Pemeliharaan dan Pembaruan Terakhir, Pemeliharaan dan Pembaruan merupakan langkah kesebelas yang menekankan perlunya pemeliharaan rutin dan pembaruan perangkat lunak serta perangkat keras sesuai dengan perkembangan teknologi dan umpan balik pengguna. Tujuannya adalah memastikan keandalan dan keamanan sistem sepanjang waktu.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Sistem yang Sedang Berjalan

Dalam era kemajuan teknologi saat ini, sistem pengukuran konsumsi air masih banyak mengandalkan metode konvensional yang memiliki keterbatasan. Meskipun telah menjadi standar untuk waktu yang cukup lama, karakteristik-karakteristik dari *existing system* ini menunjukkan kendala yang perlu diatasi. Secara lebih rinci sistem *water meter* konvensional, yang umumnya digunakan dalam pengukuran konsumsi air, terdiri dari beberapa komponen utama yang bekerja secara mekanis. Beberapa karakteristik dari *existing system* ini meliputi:

1. Sistem Kerja Mekanis
 - a. Menggunakan roda pengukur atau turbin yang terhubung dengan aliran air.
 - b. Perubahan putaran turbin mengindikasikan volume air yang telah digunakan.
2. Pembacaan Manual
 - a. Pemantauan konsumsi air dilakukan secara manual oleh petugas meteran.
 - b. Setiap periode tertentu, petugas melakukan pembacaan dan mencatatnya untuk penyusunan tagihan.

3. Keterbatasan Pemantauan
 - a. Tidak memberikan akses *real-time* kepada pengguna terkait konsumsi air.
 - b. Informasi hanya tersedia setelah pembacaan manual dilakukan.
4. Potensi Kesalahan Pengukuran
 - a. Ketergantungan pada mekanisme mekanis dapat menyebabkan ketidakakuratan pengukuran.
 - b. Faktor-faktor seperti keausan dan kerusakan mekanis dapat memengaruhi kinerja *water meter*.
5. Tingkat Efisiensi Terbatas
 - a. Proses pembacaan manual memerlukan waktu dan sumber daya manusia.
 - b. Tidak mendukung pengelolaan konsumsi air secara proaktif.

B. Keterbatasan Sistem yang Sedang Berjalan

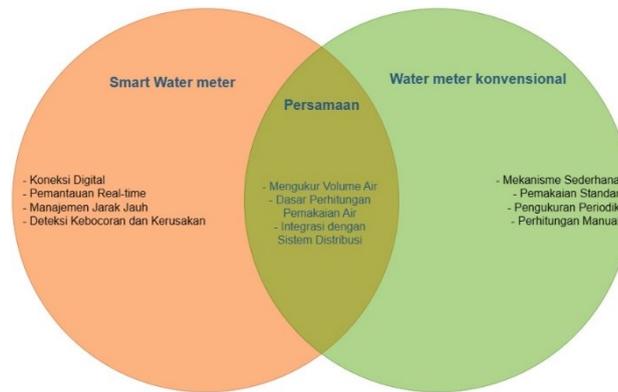
Water meter konvensional, dihadapkan pada sejumlah masalah yang potensial menghambat efisiensi dan akurasi pengukuran konsumsi air. Tantangan-tantangan krusial ini mencakup berbagai aspek, dari ketidakakuratan dalam mencatat volume air yang digunakan hingga keterlambatan dalam penyampaian informasi konsumsi kepada pengguna. Beberapa permasalahan utama yang patut diperhatikan antara lain:

1. Keterbatasan Akurasi
 - a. Mekanisme roda atau turbin dapat mengalami keausan atau kerusakan, mengakibatkan ketidakakuratan dalam pengukuran volume air yang sebenarnya digunakan oleh pengguna.
 - b. *Water meter* konvensional memerlukan kalibrasi periodik untuk memastikan akurasi pengukuran yang optimal. Tantangan timbul ketika kalibrasi tidak dilakukan secara teratur atau tidak sesuai standar, menyebabkan ketidakakuratan dalam mencatat volume air yang digunakan oleh pengguna.

2. Tidak Adanya Akses *Real-Time*

- a. Proses pembacaan manual yang dilakukan secara periodik tidak memberikan informasi konsumsi air secara *real-time* kepada pengguna.
 - b. Pengguna hanya mendapatkan pembaruan terkait penggunaan air setelah periode pembacaan, yang dapat menghambat kesadaran dan pengelolaan efektif.
3. Ketergantungan pada Pembacaan Manual
- a. Pembacaan manual memerlukan keterlibatan petugas meteran secara langsung.
 - b. Proses ini rentan terhadap kesalahan manusia dan memakan waktu, terutama dalam lingkungan dengan jumlah pelanggan yang besar.
4. Kurangnya Integrasi Teknologi
- a. *Water meter* konvensional tidak memanfaatkan teknologi modern seperti *IoT*, sehingga tidak dapat diintegrasikan dengan solusi pintar untuk pengelolaan konsumsi air yang lebih efektif.
 - b. Kurangnya integrasi teknologi menyebabkan *water meter* konvensional sulit dipantau secara jarak jauh. Ini mengakibatkan keterlambatan dalam mendeteksi potensi masalah atau ketidaknormalan pada penggunaan air, mengurangi efektivitas pengelolaan konsumsi air secara proaktif.
5. Kesulitan Deteksi Keausan atau Kerusakan
- a. Tidak ada sistem otomatis yang dapat mendeteksi secara cepat ketidaknormalan pada *water meter*, seperti keausan atau kerusakan yang dapat memengaruhi akurasi pengukuran.
 - b. *Water meter* konvensional sering kali tidak dilengkapi dengan sensor khusus untuk mendeteksi keausan atau kerusakan pada komponen mekanisnya. Hal ini menjadikan proses identifikasi masalah menjadi lebih sulit dan memerlukan pemantauan manual yang intensif.

Dengan menyadari permasalahan tersebut, perancangan *smart water meter* berbasis *IoT* diharapkan dapat memberikan solusi yang inovatif untuk meningkatkan akurasi pengukuran, memberikan akses *real-time* kepada pengguna, dan mengoptimalkan efisiensi pengelolaan konsumsi air.



Gambar 1. Perbandingan *Smart Water Meter* dengan *Water Meter* Konvensional

C. Tujuan Perancangan Sistem *IoT Smart Water Meter*

Dalam merancang sistem *IoT* pada *smart water meter*, tujuan utamanya adalah mengatasi sejumlah permasalahan yang terkait dengan *water meter* konvensional. Berikut adalah rincian lebih lanjut mengenai tujuan perancangan sistem ini:

1. Meningkatkan Akurasi Pengukuran, tujuan pertama adalah menggunakan sensor aliran air canggih yang memiliki tingkat akurasi tinggi untuk mengukur volume air dengan tepat. Ini diharapkan dapat mengatasi keterbatasan akurasi pada *water meter* konvensional.
2. Akses *Real-Time* untuk Pengguna, rancangan sistem memberikan kemampuan akses *real-time* kepada pengguna terkait pemantauan konsumsi air. Pengguna dapat dengan mudah memantau dan menganalisis penggunaan air secara langsung, tanpa harus menunggu pembacaan manual periodik.
3. Optimasi Pengelolaan Konsumsi Air, sistem yang dirancang diharapkan dapat mengoptimalkan pengelolaan konsumsi air dengan memanfaatkan konektivitas *IoT*. Dengan demikian, sistem dapat memberikan informasi yang lebih tepat waktu dan memberikan pemahaman yang lebih baik terhadap pola penggunaan air, memungkinkan pengguna untuk mengambil tindakan yang lebih cerdas.
4. Kurangi Ketergantungan pada Pembacaan Manual, sistem dapat mengurangi ketergantungan pada pembacaan manual yang rentan terhadap kesalahan

manusia dan memakan waktu. Melalui sistem ini, pengumpulan data dilakukan secara otomatis dan dapat diakses kapan saja.

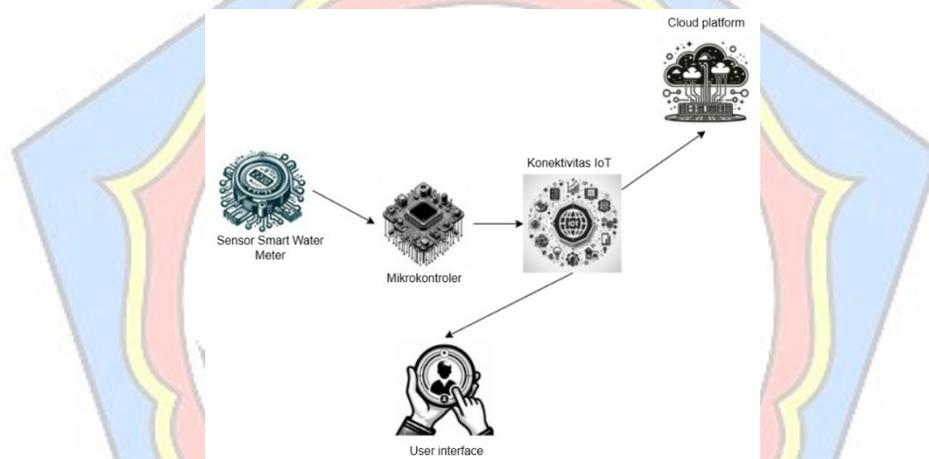
D. Komponen *Smart Water Meter* beserta Spesifikasinya

Pada pembahasan ini akan memuat secara rinci mengenai komponen-komponen yang membentuk *Smart Water Meter* beserta spesifikasinya (Alqisyah & Nirmala, 2022), (Arief Ramadhan, 2021), (Ramdani dkk., 2020). *Smart Water Meter* merupakan inovasi terkini yang tidak hanya melakukan pengukuran konsumsi air, tetapi juga memanfaatkan teknologi modern untuk menyajikan informasi yang lebih rinci dan terukur. Melalui pemahaman mendalam terhadap komponen-komponen yang terlibat dalam pembuatan *smart water meter*, dapat diuraikan bagaimana setiap elemen berkontribusi dalam meningkatkan efisiensi, akurasi, dan kemampuan pengelolaan konsumsi air secara lebih pintar.

Tabel 1. Komponen Penyusun *Smart Water Meter*

Nama Komponen	Jenis	Spesifikasi
Sensor <i>Smart Water Meter</i>	YF-S20	Tegangan kerja 5v, Jarak kerja 1-30 Liter per menit, Tekanan air 2.0 Mpa, Rentang suhu kerja -25 – 80 <i>Celcius</i> , Rentang kelembapan 35% - 80% RH, Ukuran pipa ½ <i>Inch</i> .
Mikrokontroler	ESP32	Modul <i>wi-fi</i> ESP-WROOM-32, <i>Built-in flash</i> 32 MB, <i>Frequency range</i> 2.4G sampai 2.5G, <i>Power supply</i> 5v, pin Gpio.
Konektivitas <i>IoT</i>	<i>MQTT</i>	Keamanan enkripsi data <i>end-to-end</i> , kestabilan menangani koneksi yang terputus dengan mekanisme <i>retry</i> .

Cloud Platform	Thingspeak	Platform web dengan API open source untuk menyimpan dan mengelola data sensor dari aplikasi IoT.
User Interface	Aplikasi Mobile "SmartWaterApp"	Dibuat menggunakan Android Studio, kompatibilitas mendukung iOS dan Android, fitur tampilan <i>real-time</i> , laporan analisis, notifikasi pintar.



Gambar 2. Komponen *Smart Water Meter*

E. Sistem Kerja *Smart Water Meter*

Pada bagian ini, akan dibahas secara mendalam tentang sistem kerja *Smart Water Meter* yang terdiri dari beberapa tahapan penting. Setiap langkah ini memiliki peran masing-masing dalam operasional keseluruhan sistem, antara lain :

1. Membaca Data dari Sensor Aliran Air

Sistem ini mengawali prosesnya dengan membaca data aliran air melalui sensor pintar yang terpasang pada pipa air. Teknologi elektromagnetik yang diterapkan pada sensor memungkinkan pengukuran aliran air dengan tingkat akurasi yang tinggi. Sebagai contoh, sensor ini dapat mendeteksi perubahan aliran air dalam jumlah yang sangat kecil, memastikan bahwa pengukuran konsumsi air dapat dilakukan dengan sangat presisi. Dengan demikian, proses

pembacaan data ini menjadi langkah krusial dalam memastikan keakuratan total penggunaan air.

2. Mengirimkan Data ke *Cloud*

Data yang diperoleh dari sensor selanjutnya dikirimkan ke platform *cloud* menggunakan protokol *MQTT*. Melalui koneksi *Internet of Things (IoT)* yang handal, transmisi data dijamin stabil dan aman. Keunggulan utama dari pengiriman data ke *cloud* adalah memungkinkan penyimpanan yang efisien, menghindari kehilangan data, dan memberikan akses *real-time*. Sehingga, pengguna dapat memantau dan mengelola konsumsi air mereka secara langsung dari perangkat pintar mereka, mendukung kesadaran dan pengelolaan yang lebih proaktif.

3. Menerima Perintah Pengguna

Sistem ini selalu siap menerima perintah dari pengguna melalui antarmuka pengguna, seperti aplikasi *mobile*. Antarmuka pengguna yang dirancang dengan baik memastikan pengalaman yang nyaman dan efisien bagi pengguna. Misalnya, pengguna dapat dengan mudah meminta informasi terkini tentang penggunaan air mereka atau memberikan perintah untuk melihat laporan analisis. Fleksibilitas antarmuka pengguna memberikan kontrol langsung kepada pengguna untuk menyesuaikan pengalaman mereka sesuai kebutuhan.

4. Menanggapi Perintah Pengguna

Sistem ini tidak hanya menerima perintah pengguna dengan cepat tetapi juga memberikan respon yang akurat sesuai dengan permintaan yang diberikan. Jika pengguna meminta data *real-time*, sistem akan memberikan informasi terkini secepat mungkin. Kecepatan respon ini menciptakan pengalaman pengguna yang memuaskan dan memastikan bahwa pengguna dapat dengan efektif memantau dan mengelola konsumsi air mereka sesuai kebutuhan.

5. Analisis Data dan Pembuatan Laporan

Selain memberikan informasi *real-time*, sistem ini juga memiliki kemampuan untuk menganalisis data yang terkumpul. Proses analisis data ini dapat

menghasilkan laporan terkait pola konsumsi air. Misalnya, sistem dapat memberikan informasi tentang tren penggunaan air harian, mingguan, atau bahkan bulanan. Laporan semacam itu memberikan wawasan yang berguna bagi pengguna dalam mengelola konsumsi air mereka secara efisien.

6. Menampilkan Data pada Antarmuka Pengguna

Data hasil pengukuran dan laporan analisis disajikan kepada pengguna melalui antarmuka pengguna yang dirancang secara ramah pengguna. Antarmuka ini tidak hanya menyajikan informasi dengan jelas tetapi juga memberikan kemudahan navigasi. Sebagai contoh, pengguna dapat dengan mudah beralih antara tampilan data *real-time* dan laporan analisis untuk mendapatkan pemahaman yang lebih holistik tentang konsumsi air mereka. Dengan notifikasi pintar, pengguna juga dapat menerima informasi penting yang memerlukan perhatian khusus.

7. Perulangan Proses

Seluruh rangkaian proses ini terus diulang secara otomatis untuk memastikan pemantauan dan pengukuran konsumsi air yang berkelanjutan. Proses perulangan ini memastikan konsistensi dalam pengumpulan data dan memungkinkan sistem tetap aktif dan responsif terhadap perubahan dalam konsumsi air. Dengan demikian, keberlanjutan proses ini memastikan bahwa pengguna selalu memiliki akses terkini ke informasi yang diperlukan kapan pun mereka membutuhkannya.

F. Usulan Metode Pengujian

Pengujian sistem *Smart Water Meter* menjadi tahap kritis untuk memastikan keandalan, akurasi, dan kinerja yang optimal. Metode pengujian dirancang untuk mengevaluasi berbagai aspek sistem, termasuk akurasi sensor, kestabilan koneksi *IoT*, responsivitas antarmuka pengguna, dan keamanan data. Dengan melakukan serangkaian pengujian yang cermat, diharapkan sistem dapat memenuhi standar tinggi dalam memberikan layanan pengukuran konsumsi air yang efisien dan andal.

Berikut ini merupakan tahapan terkait dengan usulan pengujian *Smart Water Meter*, antara lain:

1. Akurasi Sensor Aliran Air

Dalam menguji akurasi sensor aliran air, tujuan utamanya adalah memastikan bahwa sensor dapat mengukur volume air dengan tingkat akurasi yang tinggi. Proses pengujian melibatkan mengalirkan volume air yang diketahui melalui sensor dan membandingkan hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya. Hasil dari pengujian ini menjadi landasan penting untuk menentukan sejauh mana sensor mampu memberikan data yang dapat diandalkan. Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah metode untuk mencari *Maximum tolerable margin of error* dengan kata lain metode untuk mencari nilai toleransi dari kesalahan yang dihasilkan saat dilakukannya uji coba yang didasari oleh 3 variable yaitu nilai tetap, nilai yang dihasilkan oleh alat yang ada sebelumnya dan nilai yang dihasilkan oleh alat hasil rancangan pada suatu penelitian. Rumus yang digunakan untuk melakukan evaluasi untuk mencari nilai toleransi yaitu,

$$MoE = z * s : \sqrt{n} \quad (1)$$

dimana *MoE* adalah *Margin of Error*, *z* adalah nilai yang diinginkan (*Static Value*), *s* adalah simpangan baku, menggunakan nilai tetap 0.5 dan *n* adalah nilai yang dihasilkan.

2. Kestabilan Koneksi *IoT*

Pengujian kestabilan koneksi *IoT* bertujuan untuk menilai sejauh mana sistem dapat mempertahankan transmisi data yang konsisten. Proses pengujian melibatkan pengukuran waktu respons dan kehandalan koneksi saat kondisi jaringan bervariasi. Dengan mengidentifikasi potensi kendala koneksi, pengujian ini memberikan gambaran tentang seberapa handal sistem dalam berkomunikasi dengan platform *cloud*.

3. Responsivitas Antarmuka Pengguna

Tujuan utama pengujian responsivitas antarmuka pengguna adalah mengevaluasi seberapa cepat sistem merespons perintah pengguna. Proses pengujian melibatkan simulasi penggunaan aplikasi untuk melihat seberapa cepat sistem menanggapi permintaan pengguna. Hasil pengujian ini memberikan wawasan tentang pengalaman pengguna dan keefektifan antarmuka dalam merespons interaksi pengguna.

4. Ketahanan Terhadap Kondisi Lingkungan

Pengujian ketahanan terhadap kondisi lingkungan bertujuan untuk mengidentifikasi sejauh mana komponen sistem dapat bertahan terhadap perubahan suhu dan kelembaban. Proses pengujian mencakup menempatkan sistem dalam kondisi lingkungan yang ekstrim dan memantau kinerjanya. Hasil pengujian ini krusial untuk menjamin bahwa *Smart Water Meter* dapat beroperasi secara optimal di berbagai lingkungan tanpa mengorbankan kualitas dan keandalannya.

5. Analisis Keamanan Data

Pengujian keamanan data memiliki tujuan utama untuk memverifikasi keamanan data selama transmisi dan penyimpanan di cloud. Proses pengujian melibatkan uji penetrasi dan identifikasi potensi kerentanan keamanan. Dengan demikian, hasil pengujian ini memberikan jaminan bahwa data yang dikumpulkan oleh *Smart Water Meter* tetap terlindungi dari ancaman keamanan yang mungkin muncul selama proses transaksi dan penyimpanan data di *cloud*.

Melalui serangkaian pengujian menyeluruh, diharapkan *Smart Water Meter* dapat memenuhi standar keandalan, keamanan, dan responsivitas tinggi. Hasil positif dari pengujian bukan hanya memastikan kelayakan teknis sistem, tetapi juga menjamin bahwa *Smart Water Meter* dapat diandalkan untuk memberikan informasi akurat. Kepercayaan ini menjadi dasar penting untuk mendukung adopsi teknologi ini secara luas, memberikan manfaat tidak hanya bagi pengguna individu tetapi juga dalam upaya keseluruhan untuk konservasi air dan pengelolaan sumber daya secara berkelanjutan.

SIMPULAN

Penelitian ini merancang *Smart Water Meter* berbasis *Internet of Things (IoT)* untuk mengatasi keterbatasan *water meter* konvensional. Dengan fokus pada akurasi pengukuran, akses *real-time*, dan efisiensi operasional, solusi ini menjanjikan pengukuran otomatis yang meningkatkan pemantauan konsumsi air. Metode perancangan sistematis membimbing langkah-langkah dari analisis kebutuhan hingga pemeliharaan, dengan tujuan utama meningkatkan efisiensi dan akurasi. *Water meter* konvensional terkendala oleh keterbatasan akurasi, keterlambatan informasi *real-time*, dan ketergantungan pada pembacaan manual. Dalam konteks ini, pengembangan *Smart Water Meter* berbasis *IoT* mengintegrasikan sensor pintar, mikrokontroler, konektivitas *IoT*, dan *cloud platform*. Usulan solusi mencakup peningkatan akurasi, akses *real-time*, optimasi pengelolaan konsumsi air, dan pengurangan ketergantungan pada pembacaan manual. Komponen, sistem kerja, dan metode pengujian diuraikan untuk memastikan keandalan dan kinerja optimal. Keseluruhan, implementasi *Smart Water Meter* ini diharapkan memberikan solusi yang efisien, inovatif, dan berkelanjutan dalam pengelolaan sumber daya air.

DAFTAR PUSTAKA

- Alqisyan, N., & Nirmala, I. (2022). Rancang Bangun Prototype Smart Water Meter Pelanggan Air PDAM Berbasis *IoT* dan Android. *Coding Jurnal Komputer dan Aplikasi*, 10(02), 227–236.
- Arief Ramadhan, R. (2021). Perancangan Smart Meter PDAM Berbasis Wireless Sensor Network dan Internet [Diploma]. Universitas Balikpapan.
- Li, X. J., & Chong, P. H. J. (2019). Design and Implementation of a Self-Powered Smart Water Meter. *Sensors*, 19(19), Article 19.
- Liliani, A., Winarno, H. S., Muyasaroh, N., & Hermawan, H. B. (2023). Perbandingan Kinerja Water Meter Digital dan Water Meter Mekanik Terhadap Finansial Perumda Air Minum Tirta Aji Wonosobo. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 23(1), Article 1.

- Marais, J., Malekian, R., Ye, N., & Wang, R. (2016). A Review of the Topologies Used in Smart Water Meter Networks: A Wireless Sensor Network Application. *Journal of Sensors*, 2016, e9857568.
- Mudumbe, M. J., & Abu-Mahfouz, A. M. (2015). Smart Water Meter System for User-Centric Consumption measurement. 2015 IEEE 13th International Conference on Industrial Informatics (INDIN), 993–998.
- Mulyanti, AHS Budi, & Amshari. (2020). Rancang Bangun Alat Pengukur Debit Air (Water Meter) Berbasis Internet Of Things (IoT). *INAQUE: Journal of Industrial & Quality Engineering*, 8(2), 41.
- Putra, B. A., Saputra, H., & Ihsan, M. (2023). Optimalisasi Meteran Air Digital Menggunakan Sistem Internet of Things di PDAM Tirtasilaupiasa. *JUTSI: Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi*, 3(2), Article 2.
- Ramdani, R., W, I. G. P. W. W., & Zubaidi, A. (2020). Rancang Bangun Smart Meter System untuk Penggunaan Air pada Rumah Tangga Berbasis Internet of Things. *Journal of Computer Science and Informatics Engineering (J-Cosine)*, 4(2), Article 2.
- Saputra, B., Winardi, S., & Nugroho, A. (2021). Rancang Bangun Alat Meteran Air Pintar Berbasis IoT Sebagai Penunjang Layanan Distribusi PDAM. *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, 4, 1–10.
- Suresh, M., Muthukumar, U., & Chandapillai, J. (2017). A Novel Smart Water Meter Based on IoT and Smartphone App for City Distribution Management. 2017 IEEE Region 10 Symposium (TENSYP), 1–5.