



Jurnal Politeknik Caltex Riau

<https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer/>

| ISSN : 2460-5263 (Online) | ISSN : 2443-4167 (Print) |

Pengembangan Instrumen Pengukuran Aliran Air Berbasis Internet of Things (IoT)

M. Irfan Wahyuni¹, Hollanda Arief Kusuma², Sapta Nugraha³

¹Universitas Maritim Raja Ali Haji, Teknik Elektro, email: m.irfanwahyuni@gmail.com

² Universitas Maritim Raja Ali Haji, Teknik Elektro, email: hollandakusuma@umrah.ac.id

³ Universitas Maritim Raja Ali Haji, Teknik Elektro, email: saptanugraha@umrah.ac.id

Abstrak

Meteran air yang digunakan PDAM untuk mengetahui penggunaan air di rumah pelanggan masih bersifat analog sehingga pelanggan kesulitan dalam membaca jumlah penggunaan air. Tujuan dari penelitian ini ialah mengembangkan sebuah perangkat sederhana yang dapat mengetahui penggunaan air secara real time oleh pengguna berbasis IoT dengan tingkat akurasi yang baik. Penelitian ini menggunakan Water Flow Sensor, Arduino Pro Mini, Arduino Mega 2560, Modul GSM SIM900A, serta Modul Micro SD Card. Hasil dari penelitian pada saat pengkalibrasian Water Flow Sensor dengan 10 kali percobaan terhadap tujuh parameter yang berbeda didapatkan nilai RMSE sebesar 0,31 L/menit atau menyimpang sekitar 4,12%. Total penggunaan air yang didapat Water Flow Sensor berbanding jauh dengan meteran air PDAM diduga karena debit air yang mengalir dipengaruhi oleh tekanan dan spesifikasi sensor. Pengiriman data ke platform selama 24 jam memiliki tingkat keberhasilan sebesar 98,1%.

Kata kunci: Water Flow Sensor, Penggunaan Air, Internet of Things (IoT)

Abstract

The water meter used by the PDAM to determine the use of water in the customer's house is still analog so that the customer has difficulty reading the amount of water usage. The purpose of this research is to develop a device that can measure water real-time usage by using IoT with a good level of accuracy. This study uses a Water Flow Sensor, Arduino Pro Mini, Arduino Mega 2560, GSM SIM900A Module, and Micro SD Card module. The results of this research showed that the RMSE value was 0.31 L / m or deviated by about 4.12%. The total water usage obtained by the Water Flow Sensor is far proportional to the PDAM water meter, presumably because the flow of water that flows is influenced by the pressure and sensor specifications. The delivery of data to the platform for 24 hours has a success rate of 98.1%.

Keywords: Water Flow Sensor, Water Usage, Internet of Things (IoT)

1. Pendahuluan

Berdasarkan *Sustainable Development Goals* (SDG) poin ke 6 yang berisi tentang “Akses air bersih dan sanitasi” yang bertujuan untuk memastikan manajemen ketersediaan air bersih dan sanitasi bagi seluruh makhluk hidup [1]. PDAM sebagai salah satu perusahaan yang menyediakan akses air bersih dan sanitasi memiliki masalah dimana pencatatan penggunaan air masih manual dan meteran air masih bersifat analog [2]. PDAM juga memiliki masalah dalam pendistribusian air. PDAM sering terjadi kasus kehilangan air hingga 33,16%. Penyebab terjadinya kehilangan air pada PDAM, biasanya kehilangan fisik akibat adanya jaringan pipa yang bocor dan kehilangan komersial akibat tidak akuratnya pengukuran meteran air pada pelanggan. Pengukuran air yang tidak akurat akan menyebabkan kesalahan dalam perhitungan laju debit air [3]. Oleh karena itu, perlu pengembangan perangkat yang mampu mengukur laju debit air secara otomatis dan akurat.

Pengembangan perangkat yang otomatis biasanya menggunakan mikrokontroler untuk mengendalikan beberapa komponen. Mikrokontroler yang sering digunakan pada saat ini ialah Arduino board. Arduino ialah perangkat keras yang bersifat *open source* dan menggunakan perangkat lunak. Arduino memiliki beberapa jenis *board* yaitu Arduino Uno, Arduino Pro Mini, Arduino Mega 2560 dan lain-lainnya [4]. Arduino *Integrated Development Environment* (IDE) digunakan untuk menulis program yang akan ditanam ke Arduino board [5].

Salah satu cara untuk mengukur laju debit air ialah dengan menggunakan sensor kecepatan aliran air. Sensor ini terdiri dari rotor dan sensor *Hall effect*. Prinsip kerja dari sensor *Hall effect* ialah ketika aliran air melewati katup dan membuat rotor magnet berputar dengan kecepatan tertentu terjadilah medan magnet pada rotor yang memberikan efek pada sensor dan menghasilkan sebuah sinyal pulsa berupa tegangan yang dikendalikan oleh mikrokontroler [6].

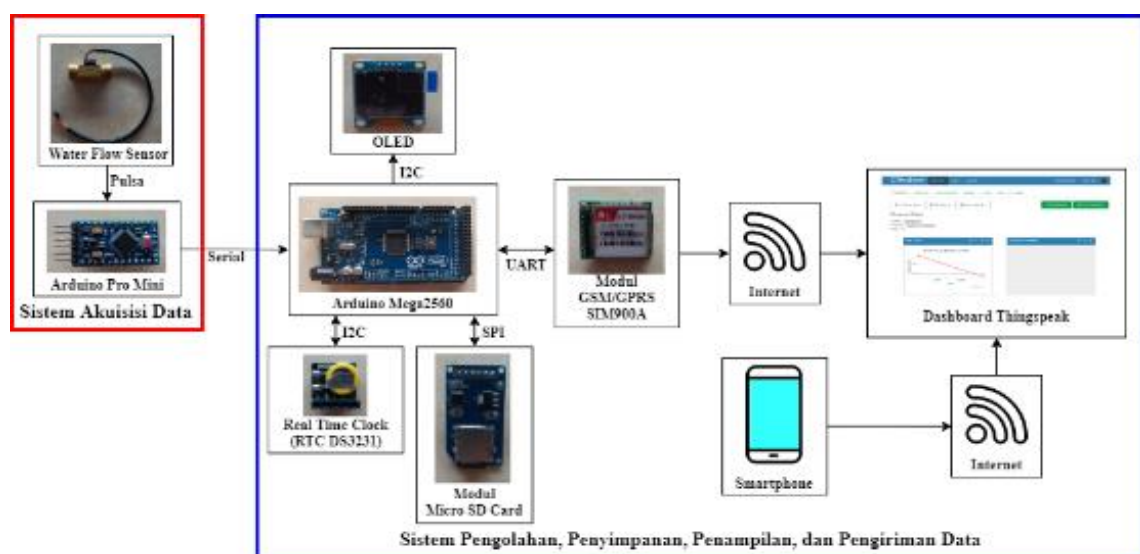
Sensor ini dihubungkan ke mikrokontroler untuk mengukur aliran air yang melewati tabung pengukuran. Dalam penelitian [7] telah mengembangkan perangkat yang menggunakan sensor ini, namun belum menjelaskan adanya kalibrasi sehingga perlu ditambahkan agar perangkat yang dikembangkan menjadi lebih akurat. Hal ini disempurnakan oleh [8] dengan menambahkan ketelitian dan ketepatan hasil uji coba sensor kecepatan aliran ini. Kedua penelitian ini menggunakan LCD sebagai tampilan utama untuk mengetahui nilai sensor aliran air. Namun, dari kedua penelitian ini belum terlihat adanya kemampuan mengirimkan data ke platform atau server secara kontinu dan *real time*.

Dengan perkembangan teknologi saat ini, kita bisa mengetahui memantau kondisi aliran air secara *real time* menggunakan perangkat *Internet of Things* (IoT). IoT berguna untuk memperluas pemanfaatan data secara *real time* melalui konektivitas internet [9]. Perangkat dapat ditambahkan modul GSM SIM900A sebagai media untuk pengiriman data ke server. Beberapa penelitian seperti [10], [11] telah menggunakan modul GSM ini untuk mengukur kualitas udara dan pemantauan banjir di tempat parkir. Hal ini juga dapat digunakan untuk pemantauan penggunaan air. Pemanfaatan modul GSM SIM900A dapat digunakan sebagai *platform Internet of Things* (IoT) secara *real time*. Sebagai contoh, modul ini telah digunakan untuk Berdasarkan hal tersebut, maka diperlukan pengembangan suatu perangkat agar dapat memantau penggunaan air PDAM pada rumah tangga berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mudah untuk digunakan dan memiliki tingkat akurasi yang baik.

2. Metode Penelitian

2.1 Perancangan Sistem

Sistem Monitoring Penggunaan Air PDAM untuk konsumsi rumah tangga berbasis IoT ini terdiri dari dua sistem yaitu sistem akuisisi data dan sistem pengolahan, penyimpanan, penampilan, serta pengiriman data. Sistem yang dirancang terdiri dari beberapa komponen utama yaitu sensor aliran air, Arduino Pro Mini, Arduino Mega 2560, RTC (*Real Time Clock*) DS3231, modul Micro SD Card, OLED SSD1306 128x64 piksel, dan modul GSM/GPRS SIM900A. Arduino Pro Mini bertindak untuk akuisisi data yang akan mengambil data dari sensor lalu dikirim ke Arduino Mega 2560. Kemudian data yang diterima oleh Arduino Mega 2560 diolah, disimpan, ditampilkan dan dikirim menuju platform Thingspeak. Diagram sistem yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Perancangan Sistem Monitoring Penggunaan Air PDAM untuk konsumsi rumah tangga berbasis IoT

2.2 Pengolahan dan Analisis Data

Alat ukur bisa digunakan apabila alat tersebut dikalibrasi. Kalibrasi ialah perbandingan antara dua pengukuran untuk menentukan keakuratan dan kehandalan. Cara melakukan kalibrasi ialah alat ukur yang dipakai akan dibandingkan dengan kalibrator sebagai acuan [12]. Kalibrasi dilakukan pada saat uji laboratorium. Nilai putaran (*pulse*) dikonversikan ke nilai aliran air (*flow rate*) menggunakan persamaan linear. Dari persamaan linear didapatkan Koefisien Determinasi atau disebut *R-Square* (R^2). R^2 digunakan untuk menguji kualitas suatu persamaan garis regresi. Nilai *R-Square* memiliki rentang nilai antara 0 hingga 1. Jika nilai *R-Square* mendekati 1 maka semakin kuat kemampuan variabel bebas (y) pada model regresi dalam menerangkan variabel terikat (x). Sebaliknya, jika *R-Square* nilainya mendekati 0 maka semakin lemah variabel bebas menerangkan variabel terikat [13]. Rumus untuk memperoleh *R-Square* ialah :

$$R^2 = \frac{\sum(\hat{y} - \bar{y})^2}{\sum(y - \bar{y})^2} \quad (1)$$

Dimana :

R^2 = Koefisien Determinasi

y = Nilai sebenarnya

\hat{y} = Nilai regresi

\bar{y} = Nilai rata-rata

Kemudian dari persamaan (2) diperoleh nilai debit air dari sensor yang dibandingkan dengan nilai debit air pada kalibrator untuk mengetahui selisihnya. Perbandingan nilai yang diperoleh akan diketahui persentase kesalahannya (*error*) [8]. Persentase kesalahan yang digunakan ialah rata-rata dari selisih pengukuran nilai aliran air dari sensor (X_{sensor}) dan kalibrator ($X_{\text{kalibrator}}$). Persentase kesalahan menggunakan Persamaan 2.

$$\%Error = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|(X_{\text{sensor}} - X_{\text{kalibrator}})|}{X_{\text{kalibrator}}}}{n} \times 100\% \quad (2)$$

Perhitungan akar kesalahan kuadrat rata-rata (*Root Mean Square Error*) dan standar deviasi digunakan untuk mengetahui akurasi dan presisi ([14], [15]). RMSE dihitung berdasarkan Persamaan 3. Semakin kecil nilai RMSE pada sensor, maka pembacaan sensor semakin akurat [16]. Sedangkan presisi sensor diukur dari rata-rata deviasi [17]. Rata-rata deviasi diperoleh dari selisih nilai pembacaan sensor dengan rata-rata pembacaan sensor.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(\text{data kalibrator} - \text{data sensor})^2}{n}} \quad (3)$$

$$\overline{\text{deviasi}} = \frac{\sum(|x_i - \bar{x}|)}{n} \quad (4)$$

Analisis data yang dilakukan pada pengembangan ini ialah *Packet Delivery Ratio* (PDR), analisis penggunaan air, dan kekuatan sinyal. *Packet Delivery Ratio* (PDR) ialah perbandingan antara banyaknya jumlah data yang diterima pada tempat tujuan dengan jumlah data dikirim [18]. *Packet Delivery Ratio* (PDR) untuk mengetahui performa perangkat dalam mengirim data ke server. Persamaan untuk mendapatkan nilai PDR ialah sebagai berikut:

$$PDR(\%) = \frac{\text{paket yang diterima}}{\text{paket yang dikirim}} \times 100\% \quad (5)$$

Analisis penggunaan air diperoleh dari hasil konversi debit air menjadi volume. Nilai volume dijumlahkan sesuai dengan waktu pemakaiannya. Data volume air yang dikirimkan ke server merupakan penjumlahan volume air yang terekam selama alat menyala. Data volume air ini akan dianalisis untuk mengetahui jumlah penggunaan air. Analisis kualitas sinyal digunakan untuk melihat pola sinyal GSM di lokasi pemasangan alat. Kualitas sinyal didapatkan dari perintah AT Command yaitu AT+CSQ. Hasil dari perintah ini adalah nilai dengan rentang dari 0 – 99 [19]. Nilai yang didapat akan diubah dalam bentuk dBm dengan persamaan 6. Nilai dBm kemudian diurutkan ke dalam beberapa kategori kekuatan sinyal yang dapat dilihat pada Tabel 1.

$$dBm = -113 + (< rssi > \times 2) \quad (6)$$

Tabel 1. Kategori Kekuatan Sinyal

RSSI	Kekuatan Sinyal
> -70 dBm	Sangat Baik (<i>Excellent</i>)
-70 dBm to -85 dBm	Baik (<i>Good</i>)
-86 dBm to -100 dBm	Cukup (<i>Fair</i>)
< -100 dBm	Buruk (<i>Poor</i>)
-110 dBm	Tidak ada sinyal (<i>No Signal</i>)

3. Hasil dan Pembahasan

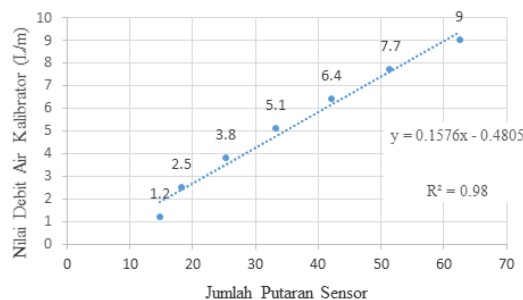
3.1 Kalibrasi Sensor Aliran Air

Kalibrasi sensor aliran air dilakukan dengan membandingkan pembacaan jumlah putaran sensor dengan pembacaan nilai debit air (L/menit) oleh *Flow meter* K24. Proses kalibrasi dapat dilihat pada Gambar 2. Pada kalibrasi ini, air pada tempat penampungan dialirkan ke pipa yang terhubung dengan sensor aliran air dan flow meter K24. Keran air digunakan sebagai kontrol kecepatan air yang dialirkan.

Pengujian dilakukan dengan melihat nilai debit air yang terbaca pada kalibrator dengan jumlah putaran sensor yang ditampilkan pada Gambar 2 (b). Hasil dari pengujian mendapatkan nilai debit air dengan acuan 1,2 – 9 L/menit. Grafik hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Proses kalibrasi (a) Tampilan keseluruhan (b) Tampilan kalibrator dan sensor



Gambar 3. Hasil kalibrasi Water Flow Sensor

Pengujian tersebut juga memperoleh persamaan regresi linear dengan persamaan:

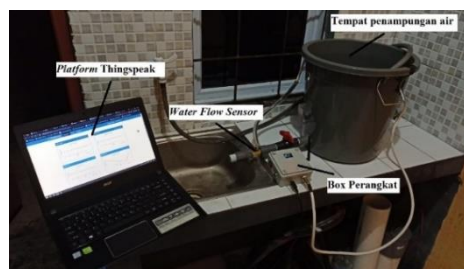
$$\text{Debit air} = 0.1576 \times \text{Jumlah putaran} - 0.4805 \quad (7)$$

Persamaan linear (7) digunakan dalam program untuk mendapatkan nilai debit air dari sensor. Nilai koefisien determinasi sebesar 0,98 yang berarti nilai sensor mampu membaca secara baik

nilai debit air. Proses berikutnya ialah membandingkan nilai debit air dari sensor dengan nilai debit air kalibrator yang bertujuan untuk mengetahui kualitas sensor menghasilkan akurasi yang lebih baik. Hasil yang didapatkan dari perbandingan, nilai debit air sensor memiliki akurasi yang tidak terlalu jauh dari *Flow meter* K24. Nilai RMSE yang didapatkan sebesar 0,31 L/menit. Nilai RMSE ini mengindikasikan bahwa sensor cukup akurat dikarenakan semakin kecil nilai RMSE pada sensor, maka pembacaan sensor semakin akurat [16]. Rata-rata persentase error memberikan nilai sebesar 4,05% yang berarti akurasi sensor ini sebesar 95,95%. Sensor ini memiliki presisi sebesar 0,02 L/menit berdasarkan rata-rata deviasinya. Hal ini menandakan sensor ini cukup presisi.

3.2 Uji Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem keseluruhan merupakan uji fungsional perangkat dari beberapa komponen yang telah terprogram. Uji ini dilakukan menggunakan program yang telah dijelaskan sebelumnya. Uji ini dilaksanakan dengan mengalirkan air melewati sensor water flow dari wadah yang telah disiapkan. Pengujian sistem keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Uji sistem keseluruhan

Pada sisi Arduino Pro Mini proses diawali pembacaan putaran *Water Flow Sensor* dan penjumlahan putaran selama 60 detik. Setelah itu, Arduino Pro Mini mendapatkan data total putaran yang akan dikirim menuju Arduino Mega 2560. Hasil pengiriman data Arduino Pro Mini dapat dilihat pada Gambar 5.

```
COM23
14:40:42.898 -> Pembacaan Putaran Water Flow Sensor
14:41:43.050 -> a0s ————— Data ke- 1
14:41:43.050 -> Kirim
14:42:43.170 -> a2426s ————— Data ke- 2
14:42:43.170 -> Kirim
14:43:43.297 -> a2699s ————— Data ke- 3
14:43:43.297 -> Kirim
14:44:43.434 -> a2299s ————— Data ke- 4
14:44:43.434 -> Kirim
14:45:43.540 -> a2072s ————— Data ke- 5
14:45:43.540 -> Kirim
```

Gambar 5. Hasil pengiriman data pada Arduino Pro Mini

Pada sisi Arduino Mega2560 diawali dengan inisialisasi modul RTC DS3231, *Micro SD Card* dan SIM900A. Kemudian, pengambilan tanggal, bulan, tahun, jam, menit, dan detik dari provider dengan perintah AT+CCLK. Data waktu ini disimpan ke dalam RTC. Tahapan ini dilakukan untuk memastikan bahwa RTC memberikan waktu yang tepat. Arduino Mega akan selalu mengambil waktu dari RTC. Lalu, Arduino Mega 2560 menerima karakter “a” dan data total putaran yang diikuti karakter “s”. Total putaran diubah menjadi nilai rata-rata per detik. Nilai rata-rata tersebut kemudian diolah menjadi nilai debit air. Selanjutnya dilakukan penjumlahan untuk mendapatkan nilai total penggunaan air. Data ini ditampilkan ke OLED dan disimpan di dalam

Micro SD Card. Hasil pengambilan waktu, pengolahan data, dan penyimpanan data dapat dilihat pada Gambar 6.

```

14:41:21.003 -> 09/01/2021 14:41 ----- Pengambilan Waktu
14:41:43.020 -> TotalPutaran = 0 ----- Mendapatkan Total Putaran
14:41:43.059 -> rerataPutaran = 0 ----- Pengolahan Data
14:41:43.059 -> DebitAir =0.0 -----
14:41:43.098 -> Volume =0.0 -----
14:41:43.178 -> -----
14:41:43.178 -> data Tersimpan ----- Penyimpanan Data

```

Gambar 6. Hasil ambil waktu, pengolahan dan simpan data

Tahap terakhir ialah pengiriman data menuju *platform* Thingspeak. Pengiriman data menggunakan perintah *AT Command* dengan komunikasi Modul GSM SIM900A. Perintah *AT Command* yang digunakan untuk pengiriman data berdasarkan [20]. Proses pengiriman data ke Thingspeak ditunjukkan pada Gambar 7.

```

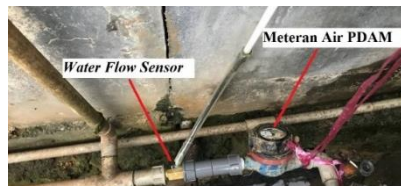
14:41:51.955 -> AT+CIPSHUT ----- Menonaktifkan GPRS
14:41:52.069 -> -----
14:41:52.069 -> SHUT OK -----
14:41:52.469 -> AT+CGSTT="internet","axis","axis" ----- Mengatur APN, User id, dan Paswd
14:41:52.618 -> -----
14:41:52.618 -> OK -----
14:41:52.936 -> AT+CIICR ----- Membuka koneksi GPRS
14:41:54.323 -> -----
14:41:54.323 -> OK -----
14:41:59.972 -> AT+CIFSR ----- Meminta alamat IP Lokal
14:42:00.104 -> -----
14:42:00.104 -> 10.113.101.235 -----
14:42:04.966 -> AT+CIPSPRT=0 ----- Pengaturan promt pengiriman data
14:42:05.100 -> -----
14:42:05.100 -> OK -----
14:42:06.972 -> AT+CIPSTART="TCP","api.thingspeak.com",80 ----- Memulai koneksi dengan server
14:42:07.139 -> -----
14:42:07.139 -> OK -----
14:42:08.894 -> -----
14:42:08.894 -> CONNECT OK -----
14:42:11.967 -> AT+CIPSEND ----- Pengiriman data ke server
14:42:14.972 -> GET https://api.thingspeak.com/update?api_key=8F82D8TJAKT0HEsfield1=0sfield2=0.0sfield3=0.0sfield4=0
14:42:19.052 -> -----
14:42:22.839 -> -----
14:42:22.839 -> SEND OK -----
14:42:23.050 -> 1 ----- Feedback setelah data masuk ke server
14:42:24.055 -> AT+CIPSHUT -----

```

Gambar 7. Proses pengiriman data ke-1 menuju Thingspeak

3.3 Uji lapang

Uji lapangan dilakukan selama 24 jam dari tanggal 14 Januari 2021 hingga 15 Januari 2021. *Water Flow Sensor* diletakkan sesudah meteran air salah satu pengguna PDAM (Gambar 8). Sumber daya perangkat menggunakan adaptor 5V 2A sebagai catu daya utama. Pada pengujian ini pengiriman data menuju *platform* Thingspeak ditetapkan setiap 1 menit sekali. Data nilai rerata putaran, debit air, volume, dan kekuatan sinyal saat uji lapangan dapat dilihat pada Gambar 9. Data ini dapat diakses melalui <http://thingspeak.com/channels/1136264>.



Gambar 8. Penempatan Water Flow Sensor



Gambar 9. Tampilan data di Thingspeak pada saat uji lapang

3.4 Analisis data

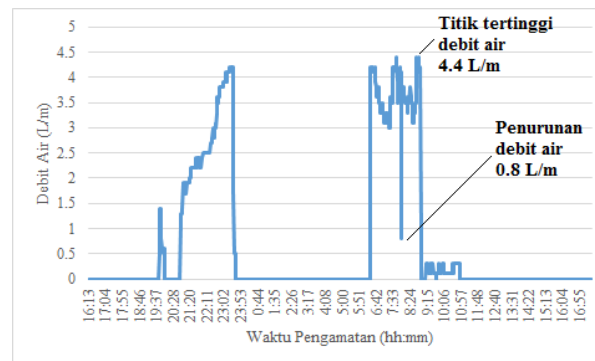
3.4.1 Packet Delivery Ratio (PDR)

Total data yang tersimpan ke Micro SD Card selama 24 jam ialah 1516 data. Sedangkan data yang terkirim ke platform Thingspeak memiliki tingkat keberhasilan sebesar 98,1%. Data yang hilang ditunjukkan dengan tanda merah. Pada saat pengiriman, beberapa kali terjadi kehilangan data yang diduga karena waktu tunggu pada saat “AT+CIPSTART” kurang lama. Pada firmware perangkat ditetapkan waktu tunggu CIPSTART sebesar 5 detik.

3.4.2 Analisis penggunaan air

Pola debit air (Gambar 10) menunjukkan bahwa debit air perlahan naik 1.4 L/menit dari jam 19:37 WIB hingga menurun 0.2 L/menit pada jam 20:01 selama 24 menit. Kemudian debit air perlahan naik kembali 1.1 L/menit pada jam 20:51 hingga menurun 0.3 L/menit pada jam 23:38 WIB selama 2 jam 46 menit. Pada pagi hari jam 06:23 WIB terjadi kenaikan debit air 3.9 L/menit dan sempat mengalami penurunan secara tiba-tiba hingga 0.8 L/menit pada jam 07:58 WIB. Hal ini diduga adanya nilai error pada saat pembacaan oleh Water Flow Sensor. Pada jam 08:00 WIB debit air kembali naik hingga mencapai titik tertinggi pada jam 08:43 WIB dengan nilai debit air 4.4 L/menit dan perlahan menurun pada jam 08:56 WIB dengan nilai debit air 0.9 L/menit selama 56 menit. Dari debit air ini dapat dilihat penggunaan air yang terukur dari volume.

Dari perangkat yang dikembangkan ini, pola penggunaan air dapat dilihat secara jelas. Pada uji lapang diketahui dengan jelas proses peningkatan penggunaan air dan waktu penggunaan air. Sistem ini dapat diaplikasikan pada PDAM untuk memantau penggunaan air serta menyiapkan fitur jumlah pembayaran berdasarkan penggunaan air.



Gambar 10. Pola debit air

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perangkat monitoring penggunaan air PDAM untuk konsumsi rumah tangga berbasis *Internet of Things* (IoT) telah berhasil dirancang dan dikembangkan. Perangkat ini menggunakan *Water Flow Sensor* yang memiliki akurasi dan presisi yang cukup baik. Perangkat mampu memperoleh informasi debit air dan penggunaan air setiap menit yang dikirim ke platform Thingspeak. Tingkat keberhasilan pengiriman data sangat baik di angka 98,1%. Kualitas sinyal di lokasi peletakan alat berada pada kondisi sinyal cukup dan baik. Dari perangkat yang dikembangkan ini, pola penggunaan air dapat dilihat secara jelas. Harapannya, sistem ini dapat diaplikasikan oleh PDAM untuk memantau penggunaan air dan pemantauan tagihan air pelanggan berdasarkan perangkat ini.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS, *Potret Awal Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (Sustainable Development Goals) di Indonesia*. 2016.
- [2] D. Gunawan, "Sistem Monitoring Distribusi Air Menggunakan Android Blynk," *ITEJ (Information Technol. Eng. Journals)*, vol. 3, no. 1, pp. 1–2, 2018.
- [3] E. Hutapea, "Kebocoran PDAM Seluruh Indonesia tembus 33,16%," 2019. [Online]. Available: <https://properti.kompas.com/read/2019/02/01/094859421/kebocoran-pdam-seluruh-indonesia-tembus-3316-persen>.
- [4] M. Margolis, *Arduino Cookbook*, 2nd ed. Sebastopol: O'Reilly Media, 2012.
- [5] R. Anjasmara, T. Suhendra, and A. H. Yuniyanto, "Implementasi Sistem Monitoring Kecepatan Angin, Suhu, dan Kelembaban Berbasis Web di Daerah Kepulauan," *J. Appl. Electr. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 29–35, Dec. 2019.
- [6] D. Wijayanto, D. Triyanto, and Ilhamsyah, "Prototipe Pengukuran Debit Air Secara Digital Untuk Monitoring Penggunaan Air Rumah Tangga," *Coding, Sist. Komput. Untan*, vol. 4, no. 3, pp. 109–118, 2016.
- [7] A. Suharjono, L. N. Rahayu, and R. Afwah, "Aplikasi Sensor Flow Water Untuk Mengukur Penggunaan Air Pelanggan Secara Digital Serta Pengiriman Data Secara Otomatis Pada PDAM Kota Semarang," *Tek. Elektro, Politek. negeri Semarang*, vol. 13, no. 1, pp. 7–12, 2015.

- [8] Mardani, Yohandri, and Z. Kamus, "Pembuatan Alat Ukur Debit Air Menggunakan Sensor Aliran Berbasis Mikrokontroler ATmega328p," *Pillar Phys.*, vol. 8, pp. 105–112, 2016.
- [9] S. Nugraha *et al.*, "Monitoring Keasaman dan Kekeruhan Air menggunakan Mikrokontroler Berbasis Internet of Things," *J. Sustain. J. Has. Penelit. dan Ind. Terap.*, vol. 9, no. 2, pp. 60–66, Oct. 2020.
- [10] H. A. Kusuma, R. Anjasmara, T. Suhendra, H. Yuniyanto, and S. Nugraha, "An IoT Based Coastal Weather and Air Quality Monitoring Using GSM Technology," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1501, p. 12004, Mar. 2020.
- [11] H. Báez, I. Vergara-Laurens, L. Torres-Molina, L. G. Jaimes, and M. A. Labrador, "A real-time flood alert system for parking lots," *2017 IEEE 7th Annu. Comput. Commun. Work. Conf. CCWC 2017*, pp. 1–5, 2017.
- [12] M. A. Heald, *Electronic Measurements and Instrumentation*, vol. 40, no. 11. 1972.
- [13] C. Christalisana, "Pengaruh Pengalaman Dan Karakter Sumber Daya Manusia Konsultan Manajemen Konstruksi Terhadap Kualitas Pekerjaan Pada Proyek Di Kabupaten Pandeglang," *J. Fondasi*, vol. 7, no. 1, pp. 87–98, 2018.
- [14] R. S. Sedha, *Electronic Measurements and Instrumentation*. S CHAND & Company Limited, 2013.
- [15] T. Chai and R. R. Draxler, "Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? -Arguments against avoiding RMSE in the literature," *Geosci. Model Dev.*, vol. 7, no. 3, pp. 1247–1250, 2014.
- [16] W. T. Parmadi and B. M. Sukojo, "Analisa Ketelitian Geometrik Citra Pleiades Sebagai Penunjang Peta Dasar RDTR (Studi Kasus: Wilayah Kabupaten Bangkalan, Jawa Timur)," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2016.
- [17] R. Wirosedarmo, B. Rahadi, and S. I. Laksana, "Evaluasi Efisiensi Saluran Terhadap Debit Aliran Air pada Jaringan Irigasi Purwodadi Magetan , Jawa Timur Irrigation Efficiency Evaluation to the Water Flow at the Purwodadi Irrigation," *J. Sumberd. Alam dan Lingkung.*, vol. 3, no. 3, pp. 16–25, 2018.
- [18] D. U. Purba, R. Primananda, and K. Amron, "Analisis Kinerja Protokol Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) dan Fisheye State Routing (FSR) pada Mobile Ad Hoc Network," *Pengemb. Teknol. Inf. dn Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 7, pp. 2626–2634, 2018.
- [19] Shanghai SIMCom Wireless Solutions, "SIM900 AT Commands Manual V1.11," 2015.
- [20] Shanghai SIMCom Wireless Solutions, "SIM900 TCPIP Application," 2011.