

Rancang Bangun Meteran Air Digital sebagai Alat Monitoring dan Pengendalian Air dengan Suplai Daya Mini PLTS berbasis IoT

Ahmad Surya Ramadhan¹, Agus Supardi²

¹Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, Indonesia

² Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, Indonesia

✉ Email korespondensi: d400210037@student.ums.ac.id, agus.supardi@ums.ac.id

Abstrak. Kebutuhan akan air bersih semakin meningkat seiring pertumbuhan populasi dan aktivitas manusia. Namun, sistem pemantauan konsumsi air yang digunakan oleh PDAM masih manual, sehingga menyulitkan pelanggan dalam mengontrol pemakaian air. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun meteran air digital berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan suplai daya dari mini Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai solusi *monitoring* dan pengendalian air secara *real time*. Sistem ini menggabungkan mikrokontroler Arduino Uno untuk membaca data dari sensor TDS dan ESP32 untuk membaca data sensor *water flow*, mengontrol *solenoid valve*, serta mengirim data ke aplikasi Blynk. Selain itu, sistem menggunakan panel surya 10 Wp dan baterai 12V 5Ah untuk mendukung operasional tanpa ketergantungan pada listrik PLN. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata *error sensor water flow* sebesar 0,284%, meteran digital sebesar 0,353%, dan sensor TDS sebesar 0,013%, dengan kualitas air pada rentang 104-117 ppm, dan volume air terukur sebesar 0,957 m³ selama pengujian satu hari. Sistem ini terbukti mampu memantau volume, debit, dan kualitas air serta mengendalikan aliran secara otomatis atau manual. Penerapan mini PLTS juga memungkinkan sistem tetap berfungsi saat terjadi pemadaman listrik. Penelitian ini diharapkan menjadi solusi efisien dalam pengelolaan air PDAM dan dapat dikembangkan lebih lanjut dengan penyimpanan data berbasis *cloud* serta penambahan filter air untuk menghindari macetnya mekanisme sensor *water flow*.

Kata kunci: IoT; PDAM; TDS; *water flow*



PENDAHULUAN

Seiring dengan kemajuan zaman dan pertumbuhan jumlah penduduk, permintaan terhadap air juga terus mengalami peningkatan. Ketersediaan air bersih menjadi hal yang esensial dalam menunjang aktivitas harian manusia. Berbagai kegiatan seperti konsumsi minuman, mandi, memasak, mencuci, dan aktivitas domestik lainnya sangat bergantung pada air, sehingga menjadikannya kebutuhan yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupan manusia. [1]. PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) adalah instansi yang berperan sebagai penyedia layanan air bersih yang secara umum dimanfaatkan oleh masyarakat luas. Air yang digunakan PDAM biasanya berasal dari sumber mata air seperti pegunungan, sungai-sungai lalu ditampung pada penampungan untuk diolah menjadi air yang siap disalurkan kepada masyarakat. Saat ini, pencatatan data meteran air oleh PDAM masih mengandalkan metode manual untuk mengetahui jumlah penggunaan air bersih oleh pelanggan. Proses ini dilakukan dengan mengirim petugas langsung ke rumah-rumah atau gedung perkantoran. Metode tersebut dinilai kurang efisien karena membutuhkan waktu dan biaya operasional yang cukup besar [2]. Pada penggunaan air yang tidak teratur dapat menyebabkan pemborosan air dan biaya berlebih. Terjadinya pembengkakan biaya biasanya terjadi sebab masyarakat kesulitan dalam pembacaan data penggunaan air yang hanya menampilkan informasi meter kubik.

Sistem monitoring pada penggunaan air umumnya masih menggunakan metode manual atau analog. Pembacaan secara manual bisa saja menyebabkan kerugian untuk pengguna dan perusahaan karena terjadinya kesalahan pembacaan. Pelanggan yang tidak dapat mengontrol penggunaan air yang menyebabkan biaya tagihan membengkak [3]. Meteran digital memungkinkan mampu mengurangi permasalahan tersebut. Meteran digital dapat memantau penggunaan air yang telah digunakan, dapat mengetahui tingkat kejernihan air serta menutup katup kran secara otomatis jika penggunaan air sudah mencapai batas yang ditentukan. Pemantauan konsumsi air secara berkelanjutan merupakan elemen penting dalam mendukung manajemen sumber daya air yang efisien dan berkelanjutan. Dengan adanya pemantauan yang terus-menerus, pengambilan keputusan dalam pengelolaan air dapat dilakukan secara lebih tepat dan berbasis data, sehingga mendukung upaya konservasi serta distribusi air yang lebih optimal [4].

Salah satu parameter kualitas air layak untuk dikonsumsi yaitu TDS (*Total Dissolved Solid*). TDS merupakan keseluruhan zat padat yang terlarut dalam air, baik yang berasal dari ion-ion organik, senyawa kimia, maupun partikel koloid yang tidak dapat dilihat secara kasat mata namun tetap memberikan pengaruh terhadap kualitas air. Berdasarkan pedoman dari *World Health Organization* (WHO), air yang layak untuk dikonsumsi sebaiknya memiliki kandungan TDS kurang dari 300 PPM (*Parts Per Million*). Sementara itu, Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010



menetapkan batas maksimal TDS dalam air minum sebesar 500 mg/L atau setara dengan 500 PPM [5]. Kandungan *Total Dissolved Solids* (TDS) yang tinggi dalam air minum dapat berdampak buruk bagi kesehatan jika dikonsumsi secara terus-menerus dalam jangka panjang. Zat-zat yang terlarut di dalam air umumnya berasal dari senyawa kimia maupun fisik, seperti logam berat, mineral, serta bahan organik dan anorganik yang bersifat beracun. Selain itu, kontaminasi biologis seperti bakteri dan virus juga bisa mencemari air tanah dan berpotensi membahayakan kesehatan manusia [6]. Tingginya nilai TDS dapat menjadi indikator bahwa kualitas air berada dalam kondisi yang kurang baik. Informasi ini sangat penting untuk dijadikan parameter dalam berbagai aplikasi pemantauan, seperti sistem pengolahan air minum, kontrol kualitas air pada akuakultur, serta pemantauan lingkungan secara berkelanjutan [7].

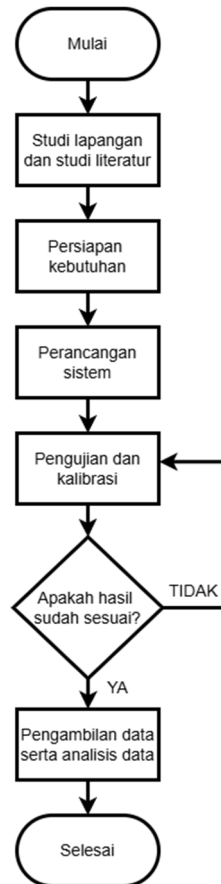
Internet of Things (IoT) merupakan suatu kerangka di mana setiap objek memiliki representasi dan keberadaan di dunia maya. Secara lebih rinci, tujuan dari IoT adalah untuk menghadirkan aplikasi dan layanan baru yang menghubungkan antara dunia fisik dan virtual. Dalam konteks ini, komunikasi antar mesin (*Machine-to-Machine/M2M*) berfungsi sebagai dasar komunikasi yang memungkinkan terjadinya interaksi antara berbagai objek dan aplikasi yang berjalan di *cloud*. Definisi ini merujuk pada penjelasan yang diberikan oleh artikel komunikasi IEEE [8]. Melalui IoT akan mempermudah dalam proses monitoring dan pengendalian air PDAM yang dapat diakses dan dikendalikan secara *real time*. Pemanfaatan teknologi seperti IoT dapat memungkinkan perancangan meteran air yang dapat dimonitoring dengan menggunakan *smartphone* dan dapat dikendalikan secara *real time*. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah pengembangan meteran air digital yang terintegrasi dengan sistem IoT. Perancangan alat ini menggunakan mikrokontroler dengan sensor aliran air dan sensor TDS. Data yang diperoleh akan ditampilkan mencakup nilai jumlah debit yang mengalir, volume air yang digunakan, kondisi air dalam PPM dan perkiraan biaya penggunaan air PDAM.

Pada penelitian sebelumnya, beberapa studi telah menunjukkan penerapan teknologi digital dan IoT dalam sistem monitoring penggunaan air. Penelitian yang dilakukan oleh [1],[9],[10],[11] secara umum hanya menggunakan sensor *water flow, water valve, relay, Arduino Uno, ESP32*. Penelitian terdahulu umumnya menggunakan sumber daya yang masih bergantung pada jaringan listrik umum atau adaptor yang menggunakan listrik PLN. Maka dengan ini penulis menambahkan fitur yaitu dengan suplai daya mini PLTS sebagai sumber utama, digunakan mini PLTS karena diharapkan meteran air digital ini dapat digunakan jika terjadi pemadaman listrik serta dengan menambahkan sensor TDS sebagai *monitoring* kualitas air berdasarkan parameter PPM.



METODE

A. Tahapan Penelitian



Gambar 1. Alur Tahapan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang ditunjukkan pada Gambar 1. Penelitian ini diawali dengan studi lapangan dan kajian literatur untuk memahami permasalahan serta memperoleh dasar teori yang kuat. Selanjutnya dilakukan identifikasi dan persiapan kebutuhan, seperti alat, metode, dan sumber daya yang diperlukan. Tahap berikutnya adalah perancangan sistem yang disesuaikan dengan kebutuhan penelitian. Setelah sistem selesai dirancang, dilakukan pengujian dan kalibrasi guna memastikan kinerja alat berjalan optimal dan akurat. Terakhir, data dikumpulkan melalui sistem yang telah dibangun, kemudian dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan dan jawaban atas permasalahan yang diteliti.

B. Alat dan Bahan

Kelengkapan alat dan bahan yang memadai merupakan salah satu elemen krusial dalam menunjang kelancaran pelaksanaan penelitian. Untuk itu, peneliti telah



mempersiapkan seluruh perangkat dan material yang diperlukan sesuai kebutuhan. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

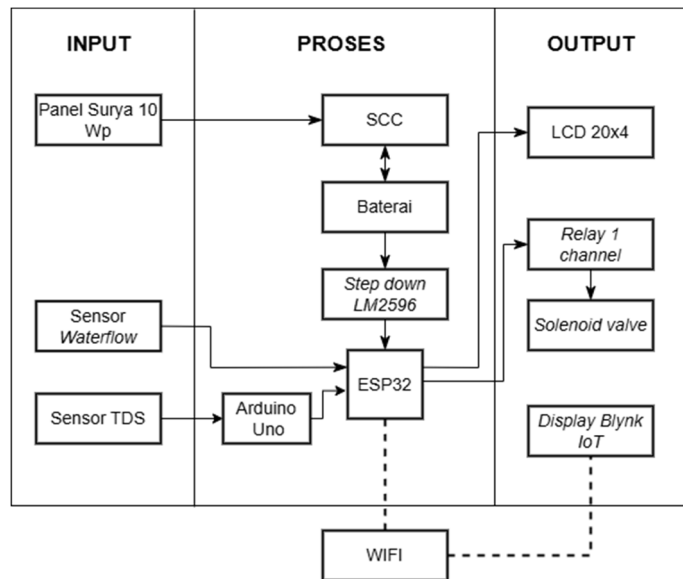
1. ESP32
2. Arduino Uno
3. Sensor *water flow* ½ inch
4. Sensor TDS (*Total Dissolved Solid*)
5. *Solenoid valve* DC tipe *Normally Open* (NO) ½ inch
6. *Relay 1 channel*
7. LCD I2C 20x4
8. Modul *stepdown* DC LM2596
9. *Solar Charge Controller*
10. Baterai VRLA 12V 5Ah
11. Panel surya 10 Wp
12. Box transparan
13. Panel box besi
14. Pipa ½ inch
15. Sambungan pipa ½ inch
16. MCB DC
17. Kabel *jumper*
18. Kabel serabut

C. Perancangan Sistem

Diagram pada Gambar 2 menunjukkan sistem monitoring dan kontrol kualitas air berbasis mikrokontroler ESP32 dengan sumber daya dari panel surya 10 Wp. Energi dari panel surya diatur menggunakan Solar Charge Controller (SCC) sebelum disimpan ke dalam baterai. Selanjutnya, tegangan dari baterai diturunkan menggunakan modul step down LM2596 untuk menyuplai daya ke ESP32 dan perangkat lainnya.

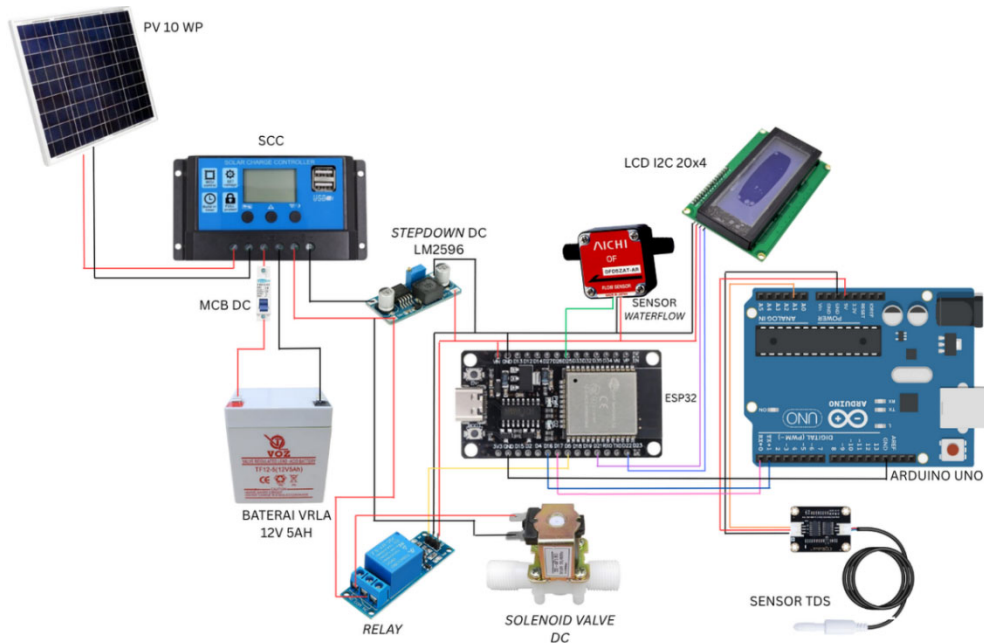
Sensor water flow dan sensor TDS digunakan sebagai input untuk memantau laju aliran air serta kualitas air. Data dari sensor TDS dibaca oleh Arduino Uno, digunakan Arduino Uno disebabkan sensor TDS memiliki pembacaan yang cukup stabil ketika diproses Arduino Uno dibandingkan menggunakan ESP32. Data yang terbaca lalu dikirimkan ke ESP32 untuk diproses dan ESP32 membaca data sensor water flow. Berdasarkan data tersebut, ESP32 mengendalikan relay yang terhubung ke solenoid valve untuk membuka atau menutup aliran air secara otomatis dan dapat beroperasi secara manual. Informasi sistem ditampilkan secara lokal melalui LCD 20x4, dan secara jarak jauh melalui aplikasi Blynk menggunakan koneksi WiFi. Dengan demikian, pengguna dapat memantau dan mengontrol sistem secara real time dari smartphone.





Gambar 2. Blok Diagram Sistem

D. Perancangan Hardware



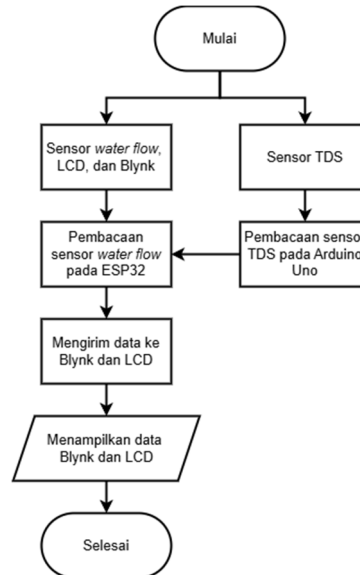
Gambar 3. Wiring Diagram Perancangan Hardware

Gambar 3 menunjukkan hubungan perancangan *hardware* yang menggunakan tenaga surya sebagai sumber utama. Panel surya 10 WP mengisi daya baterai 12V melalui *Solar Charge Controller* (SCC), dengan proteksi tambahan dari MCB DC. Tegangan dari baterai diturunkan oleh modul *step down* LM2596 menjadi 5V untuk mensuplai ESP32, *relay*, *sensor water flow*, dan LCD I2C. Terdapat Arduino Uno yang berfungsi untuk membaca sensor TDS, digunakan Arduino Uno sebab hasil *output* sensor TDS lebih stabil



jika dibandingkan dengan menggunakan ESP32. Lalu ESP32 berfungsi sebagai pengolah data, menerima data dari Arduino Uno dan sensor *water flow*, lalu menampilkannya pada LCD I2C, mengirimkan data ke aplikasi Blynk pada *smartphone*. ESP32 juga mengontrol *solenoid valve* melalui *relay* untuk mengatur aliran air secara otomatis berdasarkan data sensor. Rangkaian ini dirancang dengan tujuan hemat energi dan dapat beroperasi mandiri tanpa listrik PLN.

E. Perancangan Software



Gambar 4. Perancangan *Software*

Gambar 4 menunjukkan urutan proses yang dimulai dengan inialisasi komponen utama, yaitu sensor TDS, sensor *water flow*, LCD, dan aplikasi Blynk. Setelah semuanya siap, sistem akan membaca data dari sensor TDS untuk mengetahui tingkat zat terlarut dalam air, dan dari sensor *water flow* untuk mengukur laju aliran air yang akan digunakan untuk menghitung volume air. Data yang diperoleh kemudian dikirim ke aplikasi Blynk dan juga ditampilkan di LCD. Blynk berfungsi untuk monitoring jarak jauh melalui *smartphone*, sedangkan LCD menampilkan informasi secara langsung di lokasi. Setelah data berhasil ditampilkan, proses pemantauan dianggap selesai dan siap untuk siklus berikutnya

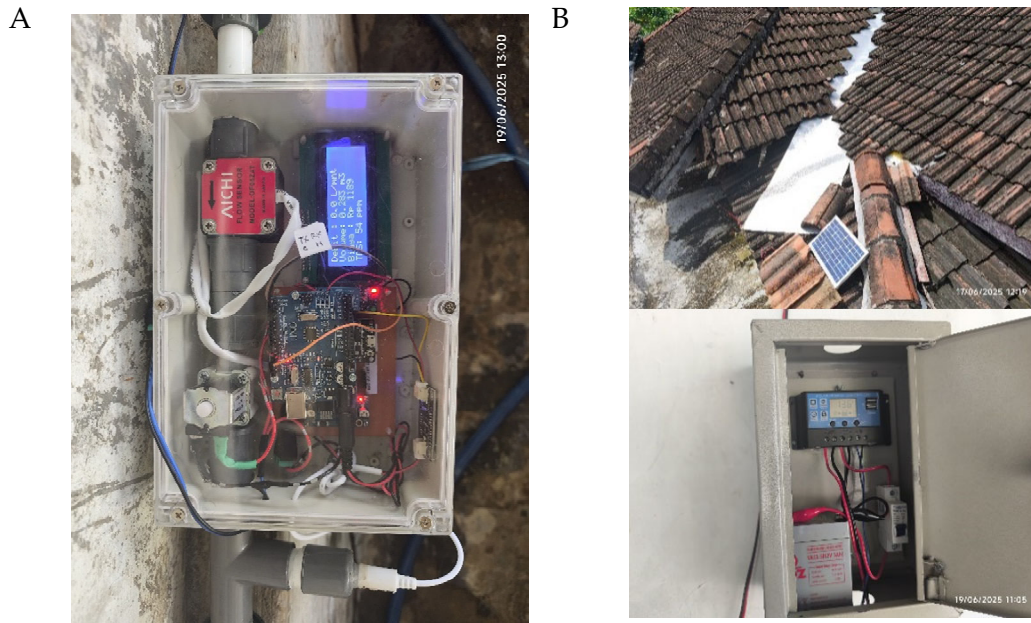
HASIL

A. Hasil Perancangan Alat

Pada rancangan alat yang dibuat terdapat 2 bagian yaitu sistem utama dan sistem mini PLTS. Pada Gambar 5b yaitu sistem mini PLTS terdapat panel box besi sebagai tempat untuk beberapa komponen seperti *Solar Charge Controller*, baterai, dan MCB DC 3A. Kemudian untuk sistem utama pada Gambar 5a menggunakan box transparan



waterproof sebagai tempat untuk beberapa komponen seperti Arduino Uno, ESP32, *step down* LM2596, sensor *water flow*, modul sensor TDS, *relay*, *solenoid valve* dan *LCD display*, sedangkan untuk *probe* sensor TDS dipasangkan ke dalam sambungan pipa air yang terletak diluar box.



Gambar 5. a) Sistem monitoring air, b) Sistem mini PLTS

B. Script dan Tampilan IoT

Pada sistem ini digunakan dua mikrokontroler, yaitu Arduino Uno dan ESP32, yang diintegrasikan untuk membangun sistem monitoring kualitas dan kuantitas air berbasis IoT. Masing-masing mikrokontroler memiliki fungsi tersendiri yang saling mendukung.

```

1  #include <EEPROM.h>
2  #include "GravityTDS.h"
3
4  #define TdsSensorPin A1
5  GravityTDS gravityTds;
6
7  float temperature = 25;
8  float tdsValue = 0;
9  bool firstRead = true;
10

```

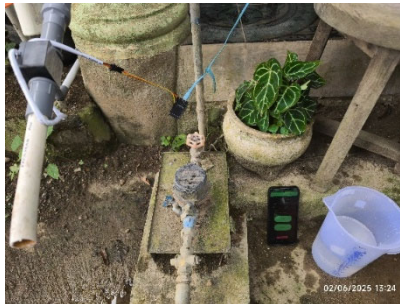
Gambar 6. Program Arduino Uno





Gambar 7. a) Program ESP32 IoT, b) Tampilan Blynk IoT

C. Pengujian Sensor Water Flow



Gambar 8. Pengujian Sensor *Water Flow*

Pengujian sensor aliran air bertujuan untuk mengetahui keakuratan pembacaan total volume air yang melewati sensor *water flow* dengan membandingkan air yang tertampung pada gelas ukur dengan volume maksimal 2 liter. Pengujian pada sistem dilakukan sebanyak lima kali dengan menggunakan volume air yang berbeda-beda. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 2, sedangkan dokumentasi prosesnya ditampilkan pada Gambar 8. Untuk mengetahui seberapa besar tingkat *error* pada sensor *water flow*, digunakan rumus yang ada pada Persamaan 1. Berdasarkan persamaan tersebut kemudian diperoleh nilai *error* yang dirata-rata menjadi 0,284%.

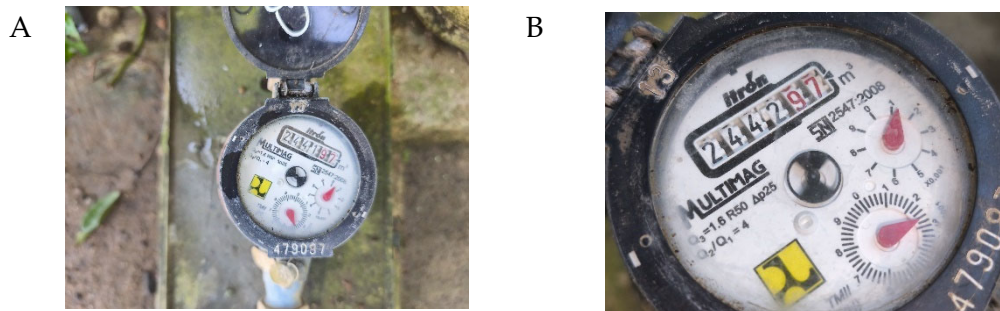
$$\text{Nilai Error} = \left| \frac{\text{nilai sensor waterflow} - \text{nilai gelas ukur}}{\text{nilai gelas ukur}} \right| \times 100\% \quad (1)$$



Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor *Water Flow* dengan Gelas Ukur

No	Sensor <i>Water Flow</i> (L)	Gelas Ukur (L)	Error (%)
1	1,031	1,030	0,09
2	1,249	1,250	0,08
3	1,616	1,6	1
4	1,819	1,820	0,05
5	2,004	2	0,2
Rata-rata error (%)			0,284

$$\text{Nilai Error} = \left| \frac{\text{nilai meteran air digital} - \text{nilai meteran air PDAM}}{\text{nilai meteran air PDAM}} \right| \times 100\% \quad (2)$$



Gambar 9. a) Meteran Air PDAM Awal Pengujian, b) Meteran Air PDAM setelah 1 m³

Tabel 2. Hasil Pengujian Meteran Digital dengan Meteran Air PDAM

Meteran Air Digital (m ³)	Meteran Air PDAM (m ³)	Error (%)
0,647	1	0,353
Error: 0,353%		



D. Pengujian Sensor TDS



Gambar 10. Pengujian Sensor TDS

Kalibrasi sensor TDS ditunjukkan pada Gambar 9 dilakukan untuk memastikan akurasi pembacaan nilai TDS yang dihasilkan oleh sensor. Pengujian sensor TDS dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan sensor terhadap berbagai jenis sampel air. Dalam pengujian ini, sensor TDS yang digunakan pada sistem dibandingkan dengan alat ukur standar, yaitu TDS-3 *digital* meter. Uji coba dilakukan terhadap tiga jenis air dengan karakteristik konduktivitas yang berbeda, yaitu air galon (air mineral), air kran PDAM, dan air yang telah tercampur tanah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

$$\text{Nilai Error} = \left| \frac{\text{nilai sensor TDS} - \text{nilai TDS digital}}{\text{nilai TDS digital}} \right| \times 100\% \quad (3)$$

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor TDS

No	Jenis sampel	Sensor TDS (PPM)	TDS-3digital meter	Error (%)
1	Air galon	125	125	0
2	Air kran PDAM	64	64	0
3	Air bercampur tanah	215	214	0,4
Rata-rata error (%)				0,13%

E. Pengujian Sistem

Pengujian sistem ini dilakukan berlokasi pada rumah penulis yang bertempat di Kelurahan Pucangsewu, Kecamatan Pacitan, Kabupaten Pacitan. Pengujian ini dilakukan bergantung dengan suplai air PDAM yang mengalir, sebab pada lokasi pengujian air PDAM hanya mengalir pada saat waktu tertentu dan tidak pasti.



Tabel 4. Pengujian Sistem Monitoring Air

No	Waktu	Sensor TDS (PPM)	Debit air (L/jam)	Volume(m ³)	Mode Operasi
1	9.00	113	0,98	0,092	Manual
2	10.00	113		0,102	
3	11.00	113	0,11	0,192	
4	12.00	113		0,202	
5	13.00	113	0,11	0,202	
6	14.00	104		0,225	
7	15.00	113	0,74	0,358	
8	16.00	113		0,578	
9	17.00	115	3,05	0,711	
10	18.00	117		0,957	

PEMBAHASAN

Perancangan alat ini dibuat dengan tujuan untuk memantau dan mengontrol aliran air secara otomatis, sekaligus mengandalkan sumber energi mandiri dari tenaga surya. Sistem alat terdiri dari dua bagian utama, yaitu sistem utama dan sistem mini PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya). Sistem mini PLTS berperan sebagai penyedia daya, di mana energi dari sinar matahari dikonversi melalui panel surya dan disimpan ke dalam baterai dengan bantuan solar charge controller. Di dalam panel box berbahan logam, terdapat beberapa komponen penting seperti solar charge controller, baterai, dan MCB DC 3A, yang semuanya berfungsi menjaga kestabilan dan keamanan sistem kelistrikan. Sementara itu, sistem utama menjadi pusat dari keseluruhan alat. Di dalam box transparan yang tahan air, terdapat berbagai komponen seperti Arduino Uno, ESP32, sensor water flow, sensor TDS, relay, solenoid valve, serta LCD untuk menampilkan data. Untuk pembacaan kualitas air, probe sensor TDS dipasang langsung ke sambungan pipa di luar box agar dapat mendeteksi nilai TDS secara langsung dari aliran air. Dengan desain seperti ini, alat dapat beroperasi secara mandiri dan tetap berfungsi dengan baik meskipun tidak terhubung ke jaringan listrik PLN.



Perancangan alat ini dibuat dengan tujuan untuk memantau dan mengontrol aliran air secara otomatis, sekaligus mengandalkan sumber energi mandiri dari tenaga surya. Sistem alat terdiri dari dua bagian utama, yaitu sistem utama dan sistem mini PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya). Arduino Uno berfungsi untuk membaca data dari sensor TDS yang terhubung ke pin analog dengan program yang ditunjukkan pada Gambar 6. Setelah dilakukan pembacaan, data TDS dikirimkan ke ESP32 melalui komunikasi serial. ESP32 berperan sebagai pusat kontrol utama. Mikrokontroler ini bertugas menerima data TDS dari Arduino Uno, melakukan pembacaan data debit air menggunakan sensor *water flow*, mengendalikan modul *relay*, serta mengirimkan data secara *real time* ke aplikasi Blynk melalui koneksi *WiFi*. Untuk mengintegrasikan mikrokontroler dengan aplikasi Blynk, digunakan *authentication token* yang berperan sebagai penghubung antara kode program pada mikrokontroler dan template antarmuka yang telah dibuat di aplikasi Blynk. Dalam implementasinya, sistem menggunakan *virtual pin* pada Blynk untuk mengirim dan menampilkan data dari sensor ke parameter yang telah dikonfigurasi. Pada Gambar 7a dan 7b merupakan tampilan program ESP32 dan tampilan Blynk pada *smartphone*.

Tabel 1 menunjukkan sensor *water flow* memiliki tingkat presisi yang tinggi dalam pengukuran debit air, dengan nilai rata-rata *error* sebesar 0,284%. Namun, masih terdapat sedikit perbedaan antara pembacaan sensor dan alat referensi. Selisih ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama, pembacaan sensor bergantung pada jumlah pulsa dari impeller yang berputar saat air mengalir. Gangguan sinyal atau keterlambatan pembacaan pulsa dapat menyebabkan ketidaksesuaian hasil. Kedua, gelas ukur sebagai alat referensi juga memiliki toleransi pengukuran, dan kesalahan pembacaan visual (*human error*) bisa terjadi. Selain itu, fluktuasi tekanan air selama pengujian dapat mempengaruhi kecepatan aliran dan akurasi sensor. Secara keseluruhan, perbedaan yang terjadi masih berada dalam batas yang dapat diterima dan tidak mempengaruhi keandalan sistem secara signifikan. Kemudian dilakukan pengujian sensor *water flow* dengan meteran air PDAM untuk volume 1 m³. Pada Gambar 9a yaitu nilai awal meteran air PDAM saat pengujian dan Gambar 9b yaitu nilai meteran air PDAM setelah mencapai 1 m³.

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian akurasi meteran air digital dengan membandingkan meteran air PDAM sebagai alat acuan. Dari pengujian, volume air yang terbaca oleh meteran air digital adalah sebesar 0,647 m³, sedangkan meteran air PDAM menunjukkan nilai 1 m³. Berdasarkan selisih nilai tersebut, didapatkan hasil persentase *error* sebesar 0,353%. Nilai ini tergolong sangat kecil yang berarti pembacaan sensor cukup mendekati nilai sebenarnya. Dengan kata lain, sensor mampu memberikan data yang akurat dan memiliki tingkat akurasi yang cukup baik.



Berdasarkan data Tabel 3 dapat dilihat bahwa terdapat selisih pembacaan hanya pada satu sampel, yaitu air bercampur tanah, dengan nilai *error* sebesar 0,4%. Sementara dua sampel lainnya menunjukkan hasil sama antara sensor TDS dan alat TDS-3, sehingga *error* bernilai nol. Jika dihitung rata-rata keseluruhan *error* dari ketiga pengukuran, diperoleh nilai sebesar 0,013%, yang menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang sangat baik. *Error* tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama, terdapat kotoran atau partikel besar yang mengganggu pembacaan konduktivitas listrik air. Kedua, respon sensor terhadap perubahan suhu juga dapat memengaruhi hasil meskipun suhu dianggap konstan dalam pengukuran. Ketiga, perbedaan kecil juga bisa terjadi akibat fluktuasi tegangan ADC atau *delay* dalam pembacaan sinyal oleh mikrokontroler.

Berdasarkan Tabel 4 merupakan hasil pembacaan sensor TDS, debit air, serta volume air pada sistem monitoring berbasis mikrokontroler yang dijalankan dalam mode manual. Pengambilan data dilakukan secara bertahap mulai pukul 09.00 hingga 18.00. Sensor TDS menunjukkan nilai yang stabil di angka 113 PPM yang mengindikasikan kualitas air tidak mengalami fluktuasi signifikan selama proses berlangsung. Pada pukul 14.00 terjadi penurunan nilai TDS menjadi 104 PPM, lalu pada pukul 17.00 dan 18.00 mengalami kenaikan yaitu 115 dan 117 PPM yang dapat disebabkan oleh perubahan kondisi air pada saat itu. Debit tertinggi tercatat pada pukul 17.00-18.00 sebesar 3,05 L/jam, sedangkan nilai terendah terjadi pada pukul 11.00 dan 14.00 yaitu hanya 0,11 L/jam. Perbedaan ini kemungkinan dipengaruhi aliran air yang mensuplai ke rumah. Volume air yang terukur tampak sebanding dengan debit yang terbaca. Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa sistem mampu membaca parameter debit, volume, dan kualitas air secara baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian sistem, dapat disimpulkan bahwa meteran air digital berbasis IoT dengan suplai daya mini PLTS dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang direncanakan. Sistem ini mampu melakukan pemantauan terhadap debit air, volume penggunaan air, dan kualitas air melalui pembacaan nilai TDS. Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali utama yang terhubung dengan aplikasi Blynk untuk pemantauan jarak jauh, sementara Arduino Uno digunakan untuk memastikan pembacaan sensor TDS tetap stabil dan akurat.

Dari hasil pengujian, sistem menunjukkan performa yang baik dengan rata-rata *error* sensor *water flow* 0,284%, meteran air digital sebesar 0,353%, dan sensor TDS sebesar 0,013%. Seluruh data pemantauan dapat ditampilkan secara real-time melalui LCD dan aplikasi Blynk. Sistem ini juga dilengkapi dengan aktuator berupa *solenoid valve* yang dapat dikendalikan secara otomatis maupun manual, sehingga memungkinkan



pengguna mengontrol aliran air sesuai kebutuhan. Suplai daya dari panel surya 10 Wp dan baterai 12V 5Ah mendukung sistem untuk tetap beroperasi meskipun tanpa listrik PLN, sehingga cocok diterapkan di wilayah dengan pasokan listrik yang tidak stabil. Serta sistem dapat berjalan walaupun saat tidak terhubung pada jaringan yang menjadikan kelebihan sistem ini dibandingkan penelitian sebelumnya. Pengembangan rancangan ini kedepannya dapat diarahkan pada peningkatan fungsionalitas dan efisiensi kerja alat. Salah satu pengembangan yang dapat dilakukan adalah *platform cloud*, sehingga data pemakaian air dapat direkam secara berkala dan digunakan sebagai bahan analisis lebih lanjut. Lalu berdasarkan pengujian, perlu menambahkan filter air sebelum sensor *water flow*. Kotoran yang terlarut pada air dapat mempengaruhi pembacaan sensor *water flow*, yang mana sensor ini menggunakan mekanisme *gear* yang memungkinkan terjadinya macet. Hal itu dapat menyebabkan tidak terbacanya debit air yang mengalir.

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, penulis mengucapkan rasa syukur yang mendalam ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini yang berjudul “Rancang Bangun Meteran Air Digital sebagai Alat Monitoring dan Pengendalian Air dengan Suplai Daya Mini PLTS Berbasis IoT”. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dan apresiasi yang setulus-tulusnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, serta doa selama proses penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih secara khusus ditujukan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, yang selalu hadir dalam setiap doa dan memberikan dukungan tanpa henti, menjadi sumber semangat dan motivasi terbesar dalam menempuh perjalanan ini.
2. Bapak Agus Supardi, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, memberikan arahan, bimbingan, dan masukan yang sangat berharga hingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Aris Budiman, S.T., M.T., sebagai dosen pembimbing akademik yang senantiasa membimbing dan memberikan arahan selama masa studi, sehingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan dengan tepat waktu.
4. Seluruh dosen dan staf pengajar di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan ilmu dan pengalaman berharga selama masa studi.



5. Rekan-rekan seperjuangan angkatan 2021 dan teman-teman di Kos Surya Gemilang, yang selalu memberikan semangat dan dukungan selama masa studi dan penyusunan penelitian ini.
6. Seseorang yang istimewa yang selalu hadir memberikan semangat, dukungan emosional, serta menemani dalam suka dan duka selama perjalanan akademik ini. Terima kasih telah menjadi bagian penting dalam proses ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Gita, R. Ilma, dan M. F. Amrulloh, "Implementasi Sensor Water Flow Untuk Sistem Monitoring Pemakaian Debit Air HIPPAM Berbasis Android," *Jurnal Krisnadana*, vol. 3, hlm. 344–353, 2023, [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournal.catuspata.com/index.php/jkdn/index>
- [2] F. Faisal dan H. Hambali, "Design and Construction of PDAM Water Use Monitoring Based on Internet of Things (IoT)," *Andalas Journal of Electrical and Electronic Engineering Technology*, vol. 2, no. 2, hlm. 31–34, Nov 2022, doi: 10.25077/ajeet.v2i2.25.
- [3] M. Taufik, A. E. Rakhmania, dan Y. N. Afnani, "Prepaid water meter card based on internet of things," dalam *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Jan 2020. doi: 10.1088/1757-899X/732/1/012105.
- [4] D. Arsene, A. Predescu, B. Pahonțu, C. G. Chiru, E. S. Apostol, dan C. O. Truică, "Advanced Strategies for Monitoring Water Consumption Patterns in Households Based on IoT and Machine Learning," *Water (Switzerland)*, vol. 14, no. 14, Jul 2022, doi: 10.3390/w14142187.
- [5] R. Zamora, Harmadi, dan Wildian, "Perancangan Alat Ukur TDS (Total Dissolved Solid) Air dengan Sensor Konduktivitas Secara Real Time," *Jurnal Saintek*, vol. 1, no. 1, hlm. 11–15, 2015.
- [6] M. Makhdoumi Akram, M. Ramezannezhad, A. Nikfarjam, S. Kabiri, dan S. Ehyaei, "A strip-based total dissolved solids sensor for water quality analysis," *IET Science, Measurement and Technology*, vol. 16, no. 3, hlm. 208–218, Mei 2022, doi: 10.1049/smt2.12098.
- [7] A. Zafi, D. Saputra, dan A. Bianto, "The Monitoring System for Water Quality Is Based on The Internet of Things (IoT) And Uses A TDS Sensor," *Indonesian Journal of Engineering, Science and Technology*, vol. 1, no. 2, hlm. 49–58, 2024, doi: 10.3804/ijenset.v1i2.1015.
- [8] R. A. Mouha, "Internet of Things (IoT)," *Journal of Data Analysis and Information Processing*, vol. 09, no. 02, hlm. 77–101, 2021, doi: 10.4236/jdaip.2021.92006.



- [9] D. Lestari, "Perancangan Alat Pembacaan Meter Air PDAM Menggunakan Arduino Uno," vol. I, no. 2, 2018.
- [10] B. Saputra, S. Winardi, dan A. Nugroho, "Rancang Bangun Alat Meteran Air Pintar Berbasis Iot Sebagai Penunjang Layanan Distribusi PDAM," *Jurnal Resistor*, vol. 4, no. 1, hlm. 1–10, 2021, [Daring]. Tersedia pada: <https://s.id/jurnalresistor>
- [11] I. Kusmanto dan A. Achmad, "Rancang Bangun Sistem Top-Up Meteran PDAM Berbasis Mikrokontroler," *Bulletin of Information Technology (BIT)*, vol. 3, no. 3, hlm. 155–160, 2022, doi: 10.47065/bit.v3i1.

