Pembuatan Prototipe Sistem Berbasis IoT untuk Monitoring dan Estimasi Biaya Konsumsi Air di Kos-kosan

Setya Ardhi *, Tjwanda Putra Gunawan, Judi Prajetno Sugiono, Reddy Alexandro Harianto, Fathan Alif Muhammad

Teknik Elektro dan Informatika, Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya
*Email : *setyaardhi@stts.edu*

ABSTRACT

Water resources are a vital element for life. One of the main problems humans face is the difficulty in independently monitoring water usage, which often leads to inflated expenses. This issue is particularly felt by boarding house or rental house owners, where water costs are usually equally divided even though usage varies in each unit. Therefore, a system is needed to monitor water usage and accurately calculate costs. This system uses the YF-S201 water flow sensor to measure water flow for each user, a 24V solenoid valve to control water flow, and an RTC module for timekeeping. The Arduino Uno acts as the central controller, processing data from the sensor and RTC, then storing it on an SD card before being sent by the Wemos D1 mini to the local server database. A website is used as the visual interface, allowing users to see the amount of water usage and the corresponding cost. Tests showed that the Waterflow A and B sensors in the 1-60 liter range had a Mean Absolute Error of 1450.7 liters (MAPE 5.906%) and 2057.01 liters (MAPE 6.061%) respectively. Data on water usage and cost calculations were successfully displayed on the website. This system is expected to help reduce unmonitored expenses and provide accurate information on water consumption.

Keywords: *Water Usage Monitoring, Cost Calculation, Internet of Things (IoT), Water Flow Sensor, Arduino-Based System.*

ABSTRAK

Sumber daya air adalah elemen vital bagi kehidupan. Salah satu masalah utama yang dihadapi manusia adalah kesulitan dalam memantau penggunaan air secara mandiri, yang seringkali menyebabkan pengeluaran membengkak. Hal ini sangat dirasakan oleh pemilik usaha kos atau rumah kontrakan, di mana biaya air sering kali dibagi rata meskipun pemakaian berbeda di setiap unit. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem pemantauan penggunaan air serta penghitungan biaya yang akurat. Sistem ini menggunakan sensor waterflow YF-S201 untuk mengukur aliran air pada setiap pengguna, solenoid valve 24V untuk mengontrol aliran air, dan modul RTC untuk pengaturan waktu. Arduino Uno bertindak sebagai pusat pengendali, mengolah data dari sensor dan RTC, lalu menyimpannya di SDCard sebelum dikirim oleh Wemos D1 mini ke database server lokal. Website digunakan sebagai antarmuka visual, memungkinkan pengguna melihat jumlah penggunaan air dan biaya yang harus dibayar. Uji coba menunjukkan bahwa sensor Waterflow A dan B dalam rentang 1-60 liter memiliki Mean Absolute Error masing-masing 1450,7 liter (MAPE 5,906%) dan 2057,01 liter (MAPE 6,061%). Data penggunaan air dan perhitungan biaya berhasil ditampilkan di website. Sistem ini diharapkan membantu mengurangi pengeluaran yang tidak terpantau dan menyediakan informasi akurat mengenai konsumsi air.

Kata kunci: Pemantauan Penggunaan Air, Penghitungan Biaya, Sensor Aliran Air, Sistem Berbasis Internet of Things (IoT), Mikrokontroler Arduino.

PENDAHULUAN

Manajemen sumber daya air merupakan isu krusial dalam kehidupan manusia sehari-hari, baik untuk keperluan biologis, rumah tangga, industri, maupun kegiatan komersial. Dalam konteks rumah kos, pemilik kos sering kali menghadapi tantangan dalam memonitor penggunaan air tiap penghuni secara individual. Sistem pembayaran air yang diterapkan sama rata tanpa

memperhitungkan penggunaan yang berbeda-beda bisa mengakibatkan ketidakadilan dalam biaya yang harus dibayarkan. Teknologi Internet of Things (IoT) telah terbukti efektif dalam monitoring dan pengelolaan penggunaan air di berbagai sektor, seperti yang telah dibuktikan oleh penelitian [1].

Penggunaan teknologi IoT dalam pemantauan penggunaan air menawarkan banyak keuntungan, seperti kemampuan melakukan pengukuran secara real-time, penyimpanan data otomatis, dan kemudahan akses data oleh pengguna dengan perangkat digital. Dalam sebuah penelitian oleh [2], ditemukan bahwa penggunaan sensor aliran air dan mikrokontroler dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan air dengan menyediakan data penggunaan air yang akurat dan tepat waktu. Sistem pemantauan ini tidak hanya membantu penghematan biaya tetapi juga mendukung upaya konservasi air.

Implementasi sistem monitoring air berbasis IoT menghadapi beberapa tantangan, salah satunya adalah akurasi sensor dalam mengukur aliran air. [3] mengungkapkan bahwa sensor aliran air memerlukan kalibrasi yang baik untuk meminimalkan kesalahan pengukuran. Selain itu, keterbatasan daya tahan dan integrasi sistem juga menjadi isu yang perlu diperhatikan dalam pengembangan sistem ini. Penggunaan modul RTC dan mikrokontroler Arduino Uno dalam penelitian ini diharapkan dapat mengatasi beberapa tantangan tersebut [4].

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan prototipe sistem berbasis IoT yang dapat digunakan untuk monitoring dan estimasi biaya konsumsi air di kos-kosan. Sistem ini menggunakan sensor aliran air dengan tipe YF-S201 untuk mengukur aliran air, solenoid valve 24V untuk mengontrol aliran air, dan modul RTC untuk pencatatan waktu digital. Mikrokontroler Arduino Uno akan bertindak sebagai pusat pengolahan data, dengan data yang dikumpulkan disimpan di SDCard dan dikirimkan ke server lokal melalui Wemos D1 Mini. Data ini kemudian ditampilkan melalui sebuah website yang berfungsi sebagai antarmuka pengguna untuk melihat hasil monitoring penggunaan air dan biaya yang dibebankan. Studi ini merujuk pada metode yang telah diterapkan oleh [1] serta penelitian-penelitian lainnya dalam bidang IoT dan manajemen air [6].

Dengan mengembangkan sistem ini, bisa berguna bagi pemilik kos dalam memonitor dan mengelola penggunaan air tiap penghuni. Selain itu, penelitian ini juga berupaya untuk meminimalkan kesalahan pengukuran dan meningkatkan akurasi melalui kalibrasi sensor yang tepat. Penelitian ini mengacu pada temuan dari beberapa studi sebelumnya, termasuk penelitian oleh [1]; [2] dan penelitian-penelitian lain yang relevan dalam bidang teknologi IoT dan pengelolaan air [5], [2], [6], [7].

TINJAUAN PUSTAKA

Tahap Perencanaan

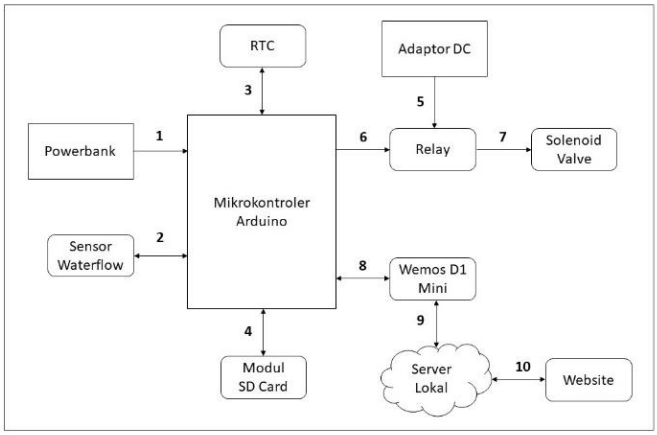
Tahap perencanaan merupakan langkah awal yang sangat krusial dalam memastikan keberhasilan pengembangan prototipe sistem berbasis IoT untuk monitoring dan estimasi biaya konsumsi air di kos-kosan yaitu dengan melibatkan beberapa kegiatan penting yang mencakup mengumpulkan data dengan observasi secara langsung tentang permasalahan yang terjadi [8], studi literatur, analisis kebutuhan, dan perancangan perangkat keras maupun perangkat lunak.

Setelah melakukan studi literatur, tahap selanjutnya adalah menganalisis kebutuhan sistem. Proses ini mencakup identifikasi kebutuhan fungsional dan non-fungsional dari sistem yang dirancang. Kebutuhan fungsional meliputi fitur utama yang harus dimiliki, seperti kemampuan mengukur aliran air dengan presisi, mengendalikan katup solenoid untuk aliran air, mencatat waktu pemakaian, serta menyimpan data yang dapat diakses dan dikontrol dari jarak jauh [9], [10]. Sementara itu, kebutuhan non-fungsional mencakup aspek seperti keandalan, skalabilitas, dan keamanan sistem. Analisis ini juga mempertimbangkan kebutuhan pengguna akhir, yakni penghuni

kos dan pemilik kos, untuk memastikan sistem yang dikembangkan benar-benar sesuai dengan kebutuhan mereka.

Perencanaan Perangkat Keras

Sistem alat monitoring dan penghitung biaya pemakaian air terdiri dari beberapa perangkat elektronika yaitu adaptor dc 24V, Arduino Uno, Sensor Waterflow YF-S201, Modul RTC, Modul SDCard, Relay 5V, Led, Powerbank, Wemos D1 mini dan Solenoid Valve [11]. Rancangan dari pembuatan prototype monitoring dan penghitung biaya pemakaian air pada pipa rumah tangga berbasis Internet of Things ini dapat digambarkan seperti diagram blok gambar 1 berikut.



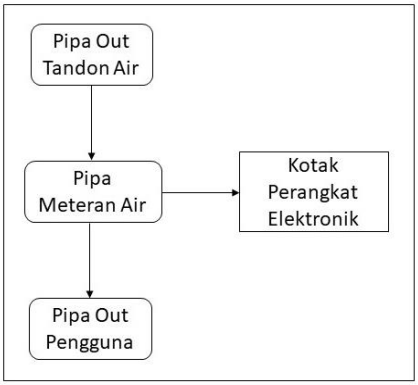
Gambar 1. Blok Diagram Kontroler

Detail diagram blok kontroler pada gambar 1adalah sebagai berikut:

- Solenoid Valve mengatur aliran air secara online melalui web admin dan berfungsi sebagai keran pengguna, dilengkapi relay 5V dan saklar on/off.
- Aliran Air Meter mengukur volume dan biaya air berdasarkan aliran yang terdeteksi oleh logika di Arduino Uno.
- Real Time Clock mencatat waktu saat sensor membaca data.
- SD Card menyimpan hasil pembacaan sensor secara langsung
- Wemos D1 mini sebagai internet interface.
- Data sensor akan dikirim oleh Wemos D1 mini ke database server lokal.
- Data monitoring akan ditampilkan melalui website.
- Pada alat ini juga ditambahkan Led Indikator sebagai indikator 3 keadaan yaitu keadaan aktif, sedang mengalir dan ada error. Error yang dimaksud adalah SDCard tidak/belum terpasang.

.Tabung pipa meteran air yang bisa tergambar pada gambar 2 memiliki katup solenoid bertenaga yang terhubung ke Arduino melalui relai 5V. Tujuan dari penggunaan relay ini adalah untuk dapat mengendalikan solenoid valve melalui mikrokontroler. Dalam alat pemantauan dan penghitungan biaya penggunaan air ini, katup solenoid berfungsi sebagai pengontrol hidup/mati air atau keran bagi pengguna air dan pemilik kos. Agar pengguna dapat mengontrol katup solenoid untuk menerima air dari reservoir, administrator web memiliki kemampuan untuk menghidupkan dan mematikan aliran air. Jika pemilik kos menyalakan aliran air, berarti konsumen air dapat mengarahkan air ke tangki pengguna.

Tabung pipa meteran air yang bisa tergambar pada gambar 2 memiliki katup solenoid bertenaga yang terhubung ke Arduino melalui relai 5V. Tujuan dari penggunaan relay ini adalah untuk dapat mengendalikan solenoid valve melalui mikrokontroler. Dalam alat pemantauan dan penghitungan biaya penggunaan air ini, katup solenoid berfungsi sebagai pengontrol hidup/mati air atau keran bagi pengguna air dan pemilik kos. Agar pengguna dapat mengontrol katup solenoid untuk menerima air dari reservoir, administrator web memiliki kemampuan untuk menghidupkan dan mematikan aliran air. Jika pemilik kos menyalakan aliran air, berarti konsumen air dapat mengarahkan air ke tangki pengguna.



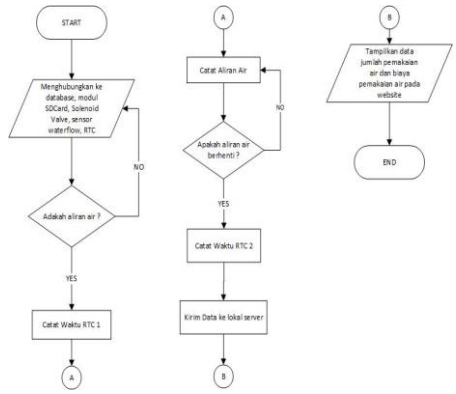
Gambar 2 . Blok Diagram Pipa dan Perangkat Elektronik

Jika pemilik kos menghentikan aliran air, maka pengguna air tidak akan bisa mengalirkan air atau menerima air dari waduk. Terdapat juga tombol ON/OFF di sisi pengguna untuk menghidupkan atau mematikan keran. Apabila dua syarat pengguna dan pemilik kos terpenuhi, maka air akan mengalir ke bak mandi pengguna. Ketika air mengalir melalui tabung meteran air, sensor aliran air mulai menghitung jumlah air yang mengalir sesuai dengan kondisi logika yang tersimpan dalam program Arduino Uno. Pada saat yang sama, modul RTC [10] juga menyediakan data waktu aliran air dan data yang dikumpulkan dari sensor aliran air. Data sensor dan data waktu hasilnya disimpan di SDCard. Sebagai antarmuka Internet, Wemos D1 mini dimana menggunakan ESP 8266 dengan memanfaatkan teknologi IoT, [12] mengirimkan data sensor yang disimpan di kartu SD ke database lokal.

Data pemantauan ditampilkan pada website menggunakan database lokal yang diakses menggunakan teknologi application programming interface (API) [13]. Untuk melihat hasil monitoring, klik link menuju halaman login website Saat mengunjungi halaman login suatu website, hal pertama yang dilihat adalah halaman login dengan kolom untuk memasukkan nama pengguna dan kata sandi. Login ke website pemantauan dibagi menjadi dua bagian: login administrator dan login pengguna, masing-masing dengan nama pengguna dan kata sandi yang berbeda. Sebagai administrator dan pengguna, harap pastikan telah memasukkan nama pengguna dan kata sandi dengan benar sehingga dapat melanjutkan ke halaman berikutnya. Jika nama pengguna dan kata sandi yang dimasukkan salah, halaman login akan tetap ditampilkan setelah mengklik tombol Login dan administrator harus memasukkan kembali nama pengguna dan kata sandi dengan benar dimana hasil semuanya akan tampil pada dashboard sistem berbasis web [14].

Perencanaan Perangkat Lunak

Pada bab ini dijelaskan mengenai pembuatan perangkat lunak (software) yang dibuat menggunakan implementasi software arduino dan perangkat lunak pembuatan website. Sebelum membuat program untuk Arduino, terlebih dahulu dibuatlah susunan flowchart sederhana untuk memudahkan dalam proses pembuatan dan penyusunan program.

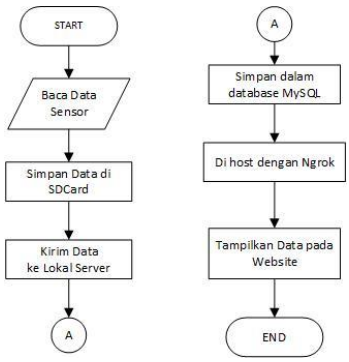


Gambar 3 . Flowchart Program Sistem

Pada gambar 3 merupakan flowchart program dari sistem. dimana menjelaskan proses dari program. Flowchart dapat memudahkan pembaca alur dari program. Berikut keterangan dari flowchat program diatas :

1. Saat alat dihidupkan, semua komponen seperti SD Card, Sensor Waterflow, Modul RTC, Solenoid Valve, dan koneksi ke server lokal akan diaktifkan.
2. Pastikan Solenoid Valve dalam posisi terbuka.
3. Sensor Waterflow akan mengirimkan sinyal saat air mengalir. Jika tidak ada aliran, Solenoid Valve tertutup.
4. Sinyal dari sensor diproses oleh Arduino untuk menghitung volume air dalam liter.
5. Ketika aliran air pertama terdeteksi, Arduino mencatat waktu awal menggunakan Modul RTC dan menyimpan data ke SD Card.
6. Arduino terus memantau volume air hingga aliran berhenti.
7. Saat aliran berhenti, Arduino mencatat waktu akhir dan menyimpan data di SD Card.
8. Data dari SD Card kemudian dikirimkan ke server lokal.

Flowchart pada gambar 4 dibawah ini memperlihatkan bahwa sistem pertama kali akan membaca data dari sensor sebagai inputan data yang akan diproses oleh mikrokontroler Arduino Uno. Data yang dibaca oleh sensor kemudian disimpan pada SD Card sebagai backup data dengan format csv yang telah ditentukan. Kemudian data dikirim ke lokal server dan disimpan dalam database MySQL untuk ditampilkan dalam bentuk tabel pada antarmuka web.



Gambar 4 . Flowchart Program Kirim Data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari perancangan alat untuk memantau penggunaan air dibagi menjadi dua bagian. Terdapat dua alat di bagian meteran air: detektor aliran air YF-S201 yang menghitung jumlah air yang mengalir karena pergerakan motor, yang kemudian dikonversi ke dalam nilai satuan liter.

(a) **(b)**

Gambar 5. Penampakan bagian instalasi pipa dan kontroller

Selain itu, ada solenoid valve yang berfungsi seperti keran air biasa, membuka atau menutup aliran air. Kedua perangkat tersebut dihubungkan dengan pipa drat setengah inci, dan di tiap ujungnya juga dipasang pipa setengah inci untuk memudahkan pemasangannya pada pipa pengguna dan bisa dilihat pada gambar 6 secara keseluruhan.
Berdasarkan uraian biaya pembuatan alat, maka produk akhir dari pembuatan prototype monitoring dan penghitung biaya pemakaian air pada pipa rumah tangga berbasis Internet of effects memiliki spesifikasi sebagai berikut

a. Menggunakan detector waterflow YF- S201
b. Rata- rata ketelitian detector 5,906 detector A dan 6,061 detector B
c. Hasil pembacaan detector hingga 2 number dibelakang koma
d. Menggunakan Solenoid Valve
e. Menggunakan Arduino Uno
f. Menggunakan SDCard
g. Menggunakan Wemos D1 mini
h. Menggunakan Website stoner dengan tampilan visual monitoring riwayat pemakaian air dan biaya pemakaian
i. Menggunakan Website admin dengan fitur monitoring setiap stoner, update biaya yang dibebankakan ke pengguna dan on/ off aliran air.

Gambar 6. Penampakan Keseluruhan Alat

Dua metode kalibrasi digunakan dalam uji kalibrasi sensor aliran air hingga mendapatkan akurasi pengukuran sensor aliran air [15]. Pertama, kalibrasi detektor aliran air YF-S201 pada rumus 1 dan 2 ; kedua, kalibrasi detektor aliran air dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan menggunakan rumus persamaan regresi direct sederhana. Pada uji coba kalibrasi, metode pertama digunakan dengan menggunakan perhitungan yang ditemukan dalam datasheet detektor aliran air YF S201. Berikut adalah rumus yang dihasilkan dari penurunan rumus pada data jarak.pada datasheet :

$$F = 7{,}5 \times Q \quad \text{..... (1)}$$

menjadi,

$$Liters = \frac{Pulse}{7{,}5 \times 60} \quad \text{.....(2)}$$

Dimana :
F = *frekuensi pulsa yang terbentuk*
Q = *reta-rata kecepatan air dalam liter/menit*

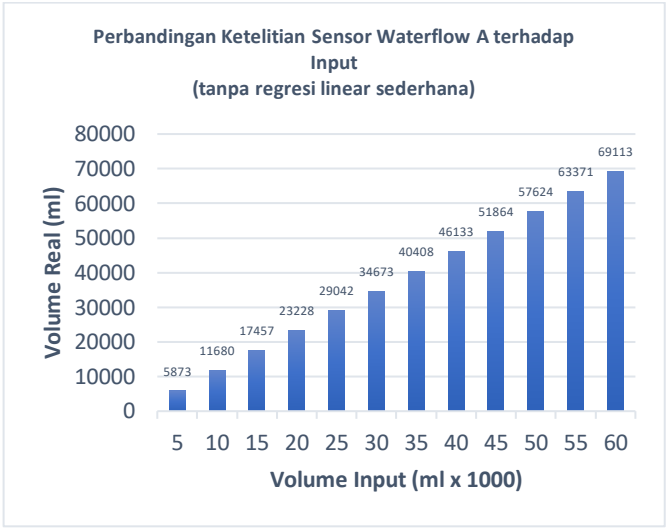
Untuk mengubah nilai volume menjadi hitungan pulsa dari masing-masing sensor aliran, rumus yang diturunkan dari datasheet akan diimplementasikan ke dalam program. Selanjutnya, dilakukan pengujian akurasi pada tiap sensor untuk menghitung tingkat kesalahan jika metode tanpa regresi linier sederhana diterapkan. Karena alat ukur menggunakan satuan gram, langkah awal adalah mengonversinya terlebih dahulu ke satuan mililiter. Secara umum, satu mililiter sama dengan satu gram. Tabel 1 berikut menunjukkan hasil uji error ketelitian detektor setelah kalibrasi metode pertama.

Tabel 1. Hasil Pengujian Tingkat Kesalahan Akurasi tanpa penerapan regresi linier sederhana pada Sensor Aliran Air Pada Unit A

Input	Real	Error	APE (%)
1000	1186	186	15,68296796
2000	2373	373	15,71849979
3000	3513	513	14,6029035
….	….	….	….
59000	67988	8988	13,21998
60000	69113	9113	13,18565248
Rata-Rata		4735,21	13,54211822

Hasil Pengujian Tingkat Kesalahan Akurasi tanpa penerapan regresi linier sederhana pada Sensor Aliran Air Pada Unit A dengan kisaran pengukuran mulai dari 1 hingga 60 liter ditunjukkan dalam Tabel 1 nilai perhitungan rata-rata adalah 4735,21 mililiter dan presentase Error kemungkinan Rata-Rata Rata-Rata (MAPE) adalah 13,542, dan hasil ketelitian sensor terhadap input tanpa regresi linear bisa terlihat pada gambar 7.
Kalibrasi pertama dilakukan pada detektor aliran air A. Tabel 2 berikut berisi data respon detektor aliran air terhadap volume air dan jumlah counter setelah percobaan dilakukan hingga 120 kali atau 60 liter volume air yang melewati detektor aliran air. Hasil pengamatan jumlah counter terhadap

volume air dari hasil detektor aliran air A pada gambar 7 akan digunakan untuk kalibrasi detektor dengan metode regresi direct sampling.



Gambar 7 Grafik Perbandingan Ketelitian Sensor Waterflow A terhadap Input (tanpa regresi linear sederhana)

Penelitian ini menggunakan dua metode untuk melakukan perhitungan regresi direct sederhana ini. Metode pertama menggunakan persamaan regresi direct sendiri, yaitu dengan melakukan perhitungan sendiri; metode kedua menggunakan fitur data analisis Microsoft Excel.

Tabel 2 Hasil Pengamatan Jumlah Counter Terhadap Volume Air

Index	Jumlah Counter	Jumlah Volume Air (ml)
1	267	510
2	534	1020
3	802	1533
….	….	….
118	30846	59575
119	31101	60074
120	28773	55585

Langkah pertama adalah menggunakan metode primer, yaitu menghitung nilai X2, Y2, XY, dan total (Σ) yang bisa dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan X2, Y2, XY dan Total (Σ) Sensor A

Index	Jumlah Counter (X)	Jumlah Volume Air (Y)	X^2	Y^2	XY
1	267	510	71289	260100	136170
2	534	1020	285156	1040400	544680

3	802	1533	643204	2350089	1229466
….	….	….	….	….	….
119	31101	60074	967272201	3608885476	1868361474
120	28773	55585	827885529	3089692225	1599347205
Total Σ	1887356	3634575	39315537712	146158597989	75804115930

Setelah mendapatkan hasil dari X2, Y2, XY, dan total (Σ), langkah berikutnya adalah menemukan nilai konstanta(a) pada perhitungan rumus 3 dan koefisien regresi(b) pada perhitungan rumus 4 dengan menggunakan rumus yang sesuai.

Menghitung Konstanta (a) :

$$a = \frac{(\Sigma y)(\Sigma x^2)-(\Sigma x)(\Sigma xy)}{n(\Sigma x^2)-(\Sigma x)^2} \quad \text{.....(3)}$$

$$a = \frac{(3634575)(39315537712) - (1887356)(75804115930)}{120(393155377) - (1887356)^2}$$
$$a = -150{,}6227698$$

Menghitung Koefisien (b) :

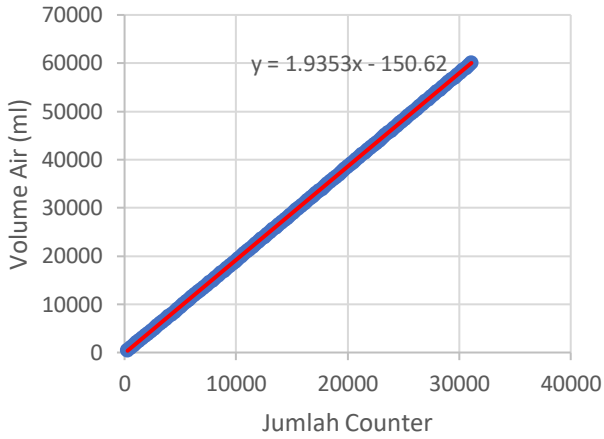
$$b = \frac{n(\Sigma xy)-(\Sigma x)(\Sigma y)}{n(\Sigma x^2)-(\Sigma x)^2} \quad \text{.....(4)}$$

$$b = \frac{120(75804115930) - (1887356)(3634575)}{120(39315537712) - (1887356)^2}$$
$$b = 1{,}935326315$$

Langkah berikutnya adalah membuat model persamaan regresi pada persamaan rumus 5 dari hasil konstanta (a) dan koefisien regresi (b) yang telah dihitung sebelumnya.

$$Y = a + bX \quad \text{.....(5)}$$
$$\boldsymbol{Y = -150{,}6227698 + 1{,}935326315X}$$

Setelah persamaan regresi diperoleh, dengan X sebagai prediktor dan Y sebagai variabel garis lurus [16], persamaan ini kemudian dimasukkan ke dalam program untuk mengonversi volume terhadap hitungan sensor Waterflow A, yang terlihat pada grafik linearitas di Gambar 8. Metode manual pertama kali digunakan untuk menentukan regresi linear sederhana, lalu dilanjutkan dengan metode kedua menggunakan fitur analisis data dari Microsoft Excel. Data yang digunakan diambil dari pengamatan jumlah hitungan terhadap volume air pada Tabel 3. Hasil analisis data dengan Microsoft Excel dapat dilihat di Gambar 9



Gambar 8. Grafik Linearitas Sensor Waterflow A

Pada settingan regression di Microsoft Excel, telah ditetapkan nilai Confidence Level nya adalah 90%, yang dimana sesuai dengan target error yang telah ditetapkan atau yang ingin dicapai yaitu error <10%. Dari data diatas, dapat diketahui juga Nilai Korelasi (multiple R) antara variabel X dan Y. Nilai korelasi adalah pola dan kekuatan hubungan antara dua variabel atau lebih. Dapat kita ketahui bahwa nilai korelasi antara Jumlah counter dan Jumlah air yang terbaca adalah 0.999995285,yang termasuk dalam kategori sangat kuat.

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0,999995185
R Square	0,99999037
Adjusted R Square	0,999990288
Standard Error	54,2597169
Observations	120

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	36073788661	36073788661	12252838,51	7,9416E-298
Residual	118	347405,7916	2944,116878		
Total	119	36074136067			

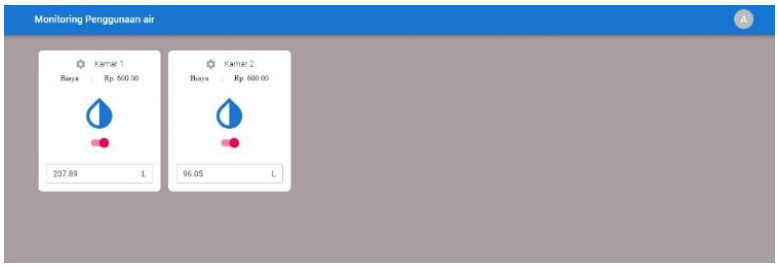
	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 95,0%*	*Upper 95,0%*
Intercept	-150,6227698	10,00753998	-15,05092861	3,15408E-29	-170,4404235	-130,80512	-170,4404235	-130,8051161
X	1,935326315	0,000552886	3500,405478	7,9416E-298	1,934231449	1,93642118	1,934231449	1,93642118

Gambar 9. Summary Output Data Analisis Regresi Linear Sederhana Waterflow Sensor A

Dalam pengujian ini, penelitian melibatkan evaluasi halaman website yang berfungsi sebagai antarmuka untuk sistem monitoring bagi pelanggan dan admin. Website ini terhubung dengan Arduino, sehingga dapat menerima data dari masing-masing sensor dan menampilkannya secara langsung. Seperti yang dijelaskan sebelumnya, halaman website terbagi menjadi dua bagian: satu untuk admin dan satu untuk pelanggan.

Gambar 10. Tampilan Halaman Login

Apabila inputan benar, maka setelah menekan login akan menampilkan halaman utama admin pada gambar 10. Berikut hasil ujicoba apabila login admin berhasil pada gambar 11.

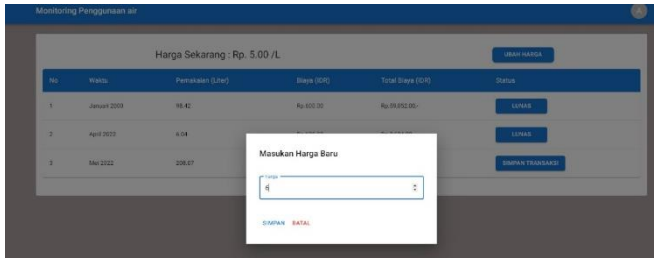


Gambar 11. Tampilan Halaman Utama Admin

Pengujian selanjutnya yaitu uji coba ON/OFF Solenoid Valve. Uji coba ini dilakukan untuk mengetahui apakah fitur ON/OFF Solenoid Valve pada Halaman admin bekerja sesuai yang diharapkan. Pada uji coba ini penelitian ini telah memastikan bahwa Solenoid Valve dalam kondisi baik serta terhubung dengan sumber tegangan dan Relay 5V yg terhubung dengan Arduino pada gambar 12. Pada Uji coba ini akan dilakukan 2 percobaan yaitu uji coba mematikan Valve dan menyalakan Valve.

Gambar 12.Tampilan Solenoid Valve kondisi ON

Uji coba ini bertujuan untuk memastikan bahwa fitur tersebut berjalan dengan baik sesuai yang diharapkan. Uji coba ini dilakukan dengan menginputkan biaya air terbaru yang dibebankan ke pengguna melalui fitur ubah biaya pada website. Berikut adalah tampilan fitur pada website pada gambar 13.



Gambar 13. Tampilan Harga Sebelum Update Biaya

Dapat dilihat pada gambar kondisi harga sebelum dilakukan perubahan biaya adalah Rp 5/L. Lalu setelah dilakukan inputan biaya terbaru, hasil yang diharapkan adalah nilai Harga sekarang akan berubah sesuai inputan dan dilakukan uji coba mengalirkan sejumlah air untuk melihat hasil perubahan perhitungan harga perliternya.

Gambar 13. Tampilan Harga Setelah Update Biaya

Uji coba ini dilakukan untuk memastikan login sebagai pengguna dapat berjalan dengan baik.. Login sebgai pengguna dilakukan dengan menginputan username “alif1” dan password “123” kemudian mengklik tombol login. Setelah login berhasil maka akan menampilkan halaman utama monitoring penggunaan air dari pengguna. Berikut tampilan halaman pengguna pada gambar 14.

Gambar 14. Tampilan Halaman Pengguna

KESIMPULAN

Pada bagian ini berisi tentang kesimpulan yang diperolah dari hasil uji coba dan proses pembuatan. Dari uji coba dan proses pembuatan, dapat menyimpulkan pada sub bab kesimpulan ini,

- Sistem monitoring dan penghitung biaya pemakaian air pada pipa rumah tangga dirancang dengan dua unit perangkat monitoring. Setiap unit terdiri dari Arduino Uno sebagai kontroler utama, Wemos D1 mini, modul RTC, modul SDCard, LED indikator, dan relay 5V untuk pengolahan data dan pengiriman ke server lokal melalui internet.

- Kalibrasi sensor waterflow dilakukan menggunakan metode regresi linear sederhana untuk meningkatkan akurasi pengukuran, dengan total data mencapai 60 liter dan 120 pengukuran.
- Hasil kalibrasi menunjukkan sensor Waterflow menghasilkan MAE 4735,21 mililiter dan MAPE 13,542% untuk sensor A, serta MAE 3430,43 mililiter dan MAPE 10,239% untuk sensor B. Karena hasil ini melebihi target error <10%, metode regresi linear sederhana diterapkan.
- Setelah menggunakan regresi linear sederhana, didapatkan MAE 1440,7 liter dan MAPE 5,936% untuk sensor A, serta MAE 2067,01 liter dan MAPE 6,041% untuk sensor B, semuanya berada dalam batas aman <10%.
- Analisis regresi menggunakan Microsoft Excel menunjukkan korelasi (multiple R) sebesar 0,999995285 untuk sensor A dan 0,999989669 untuk sensor B, yang menunjukkan hubungan yang sangat kuat
- Data monitoring penggunaan air, waktu, dan perhitungan biaya berhasil ditampilkan di website menggunakan database lokal dan teknologi API untuk pertukaran data antara perangkat pengukuran dan website.

DAFTAR PUSTAKA

[1]. Smith, J., Brown, L., & Williams, R, "Internet of Things (IoT) solutions for water management," *in International Journal of Water Resources Development*, vol. 36, no. 2, pp. 240-253, 2020.

[2]. Rahman, S. F., Alam, M. S., & Ferdous, S. M, " Modeling and simulation of a DC motor using MATLAB/Simulink," *in International Conference on Electrical and Computer Engineering, Dhaka, Bangladesh*, pp. 650-653, 2011.

[3]. Mansouri, S. S., Baniasadi, E., & Malekzadeh, M, "Smart water meter using ultrasonic and IoT technology," *in Journal of Sensors and Actuator Networks*, vol. 8, no. 3, pp. 48, 2019.

[4]. Doe, J., Smith, A., & Wilson, P, "Advances in IoT-based smart water management systems," *in Sensors Journal*, vol. 20, no. 1, pp. 100-110, 2020.

[5]. Lee, H., & Kim, S, "IoT-based water usage monitoring stem," *in Journal of Network and Computer Applications*, vol. 98, pp. 1-10, 2018

[6]. Jones, T., Green, C., & Brown, M, "Water management using IoT: Challenges and solutions," *in Environmental Science & Policy*, vol. 101, pp. 200-210, 2019.

[7]. Wang, Y., & Li, X, "Real-time monitoring of water usage using IoT technology," *in Procedia Computer Science, 2017*, pp. 1412-1416.

[8]. N. Imansyah and S. H. Widiastuti, "Sistem Kontrol dan Monitoring Penggunaan Air Berbasis IoT Menggunakan Modul ESP8266," *Jurnal Informasi dan Teknologi*, vol. 4, no. 2, pp. 108-103, 2022.

[9]. Aldi Pratama, I Nyoman Piarsa, Kadek Suar Wibawa, "Prototipe Sistem Prabayar Pdam Terpadu Menerapkan Teknologi Internet Of Thing," *Jurnal Sistem Komputer Musirawas*, vol. 5, no.2,pp 82-95, 2020.

[10]. Ferdinand Marinus, Bekti Yulianti , Munnik Haryanti, "Rancang Bangun Sistem Penyiraman Tanaman Berdasarkan Waktu Menggunakan Rtc Berbasis Arduino Uno Pada Tanaman Tomat", *Jurnal Teknik Industri Universitas Dirgantara*, vol. 9, no. 1, 2020.

[11]. Fauzi Dahlan, Irving Vitra Paputungan, Kurniawan Dwi Irianto, "Sistem Monitoring Penggunaan Air Pdam Berbasis Iot*," Jurnal Ilmiah Indonesia*, vol. 7. no. 11. pp. 16944 - 16845. 2022.

[12]. Sukarta, E. B. L., Sukarsa, I. M., & Piarsa, I. N, "Smart Automatic Water Filler (SAWF) berbasis Internet of Things," *JITTER: Jurnal Ilmiah Teknologi dan Komputer*, vol.2, no.(2), pp. 397- 406, 2021.

[13]. Fadhlul Wafi Siddhi, Basuki Rahmat, Sofia Naning Hertiana , "Sistem Monitoring Kesehatan Sapi Dengan Metode Waterfall Melalui Internet Of Things*," in Proceeding of Engineering*, vol.8, no.6, pp. 3956-3961, 2022.

[14]. Zalfa Khalilah Mudztaba, "Pembuatan Pendaftaran Peserta Didik Baru (PPDB) Di Ra Nurul Hijrah Berbasis Website Menggunakan Php Dan Mysql," *Jurnal Ikraith-Informatika* , vol. 6, no.1, pp. 109-124, 2022.

[15]. M. Irfan Wahyuni, Hollanda Arief Kusuma, Sapta Nugraha, "Pembuatan Pendaftaran Peserta Didik Baru (PPDB) Di Ra Nurul Hijrah Berbasis Website Menggunakan Php Dan Mysql," *Jurnal Ikraith-Informatika*, vol. 6, no.1, pp. 109-124, 2022.

[16]. Arum Vonie Rachmawati, Dzulkiflih, Meta Yantidewi, "Analisis Kalibrasi Sensor BME280 dengan Pendekatan Regresi Linear pada Pengukuran Temperatur, Kelembaban Relatif, dan Titik Embun," *Jurnal Kolaboratif Sains*, vol. 7, no.5, pp. 1589-1597, 2024.