

ABSTRACT

Water is a vital element used for various basic human needs, such as drinking, bathing, and cooking. With the increasing population, the demand for water is also rising. Therefore, water resource management must be carried out efficiently, one of which is by accurately controlling water consumption. In Indonesia, however, manual water consumption measurement by PDAM officers often leads to recording errors, resulting in inaccurate data and financial losses for customers. This study aims to design and develop a PDAM water consumption control system based on the YFS-201 sensor, which can monitor real-time water usage. This system can accurately measure water volume and automatically send usage data to customers. The research method includes designing an automated system based on sensor technology. The test results show that the sensor has higher accuracy compared to manual calculations, with a standard deviation and average error of $0.4 \pm 1.8\%$. Additionally, the system effectively controls PDAM water consumption, achieving a standard deviation and average error of $4.2 \pm 5.1\%$.

Keywords : *Flow sensor, Control System, Water Volume*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu elemen vital dalam kehidupan manusia yang tidak bisa dipisahkan. Air diperlukan untuk memenuhi kebutuhan dasar manusia seperti minum, mandi, dan memasak (Maulidin,2022). Selain itu, air juga penting dalam rumah tangga, pertanian, dan dalam industri. Air memiliki peran penting dalam mendukung keberlangsungan kehidupan manusia. Kehadiran air yang stabil sangat memengaruhi kualitas hidup dan perkembangan suatu masyarakat.

Setiap hari penduduk di dunia selalu bertambah, terutama di Indonesia. Pertumbuhan penduduk ini pun harus diimbangi dengan pertumbuhan infrastruktur dan pembangunan (Martono,2020). Kebutuhan mendasar seperti air tentu juga meningkat. Dengan meningkatnya konsumsi, penting bagi kita untuk mengadopsi perilaku hemat air. Dengan mengadopsi perilaku hemat air, kita dapat membantu mengurangi tekanan pada infrastruktur air serta mendorong keberlanjutan lingkungan.

Air Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) merupakan salah satu sumber air bersih yang paling umum digunakan di perkotaan. Air PDAM ini biasanya diambil dari sumber air permukaan, seperti sungai atau danau, kemudian diolah menjadi air bersih yang aman untuk dikonsumsi (Martono, 2020). Air yang disalurkan oleh PDAM umumnya memiliki tekanan sekitar 0,7 bar, yang cukup untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga dan industri ringan. Di samping itu, masih banyak pula masyarakat yang mengandalkan sumur mandiri sebagai sumber air di pedesaan. Sumur mandiri ini biasanya dibor atau digali masyarakat setempat untuk memenuhi kebutuhan air mereka sehari-hari, terutama untuk keperluan pertanian, mandi, dan mencuci.

Cara yang dilakukan oleh PDAM untuk mengukur jumlah penggunaan yaitu dengan mendatangkan petugas lapangan untuk mencatat langsung penggunaan listrik dan air melalui meteran yang sudah terpasang di setiap rumah secara manual

per bulannya dan belum bisa dilakukan pemantauan dari jarak jauh (Suga, 2021). Oleh sebab itu, diperlukan sistem yang dapat memantau penggunaan volume air serta biaya yang dikeluarkan. Sistem ini juga harus mampu mengirimkan data secara otomatis ke pelanggan. Dengan demikian, monitoring dan kontrol penggunaan air dan biaya dapat dilakukan lebih efisien. Data pelanggan yang dikirim otomatis akan mempermudah pengelolaan pelanggan untuk dapat menghemat pemakaiannya (Martono, 2020).

Selain itu terdapat permasalahan umum yang terjadi pada sistem perpipaan yaitu *Air lock*. *Air lock* dapat terjadi dalam sistem aliran gravitasi bertekanan rendah di mana kantong udara terakumulasi di puncak gelombang pipa. Kantong udara tersebut menyerap sejumlah besar energi dan dapat menghalangi aliran air sebagian atau seluruhnya (Reynolds, 1995).

Telah dilakukan penelitian sebelumnya tentang sistem monitoring volume air (Martono, 2020). Pada penelitian tersebut membahas bagaimana cara mengembangkan sistem monitoring berbasis web. Selain itu, terdapat juga penelitian sebelumnya yaitu pembuatan alat ukur debit air (Amelia, 2022), hanya terfokus tentang bagaimana membuat alat ukur debit air tanpa melakukan pengontrolan terhadap volume yang terpakai, serta penelitian dengan berjudul perancangan sistem monitoring air PAM berbasis bot telegram (Maulidin, 2020). Pada penelitian kali ini melakukan penambahan sistem kontrol agar dapat membantu para pelanggan untuk dapat lebih bijak lagi dalam menggunakan air.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan rancang bangun sistem kontrol volume konsumsi air PDAM berbasis sensor YF-S201 yaitu.

1. Menciptakan alat monitoring dan kontrol penggunaan volume konsumsi air PDAM secara aktual.
2. Mengatasi fenomena *air lock* pada pipa sehingga menghindari eror berlebihan pada pembacaan sensor

1.3 Manfaat Penelitian

Pelanggan air PDAM dapat lebih bijak dalam penggunaan volume air serta dapat menghindari kecurangan petugas pencatat meteran air dan menghindari pengurangan debit air dikarenakan *air lock*

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Debit Aliran Air

Debit aliran merupakan jumlah volum fluida yang mengalir per satuan waktu. Debit aliran biasanya diukur dalam satuan volum per waktu. seperti liter per detik atau meter kubik per jam. Materi debit aliran ini digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti sistem pengairan, perpipaan, dan pengelolaan sumber daya air. Jika sebuah fluida bergerak sejauh Δx selama selang waktu Δt , maka laju aliran fluida adalah v , maka $\Delta x = v\Delta t$, sehingga volume fluida yang mengalir adalah (Infertilitas, 2006).

$$\Delta V = Av\Delta t \quad (2.4)$$

Debit aliran fluida didefinisikan sebagai

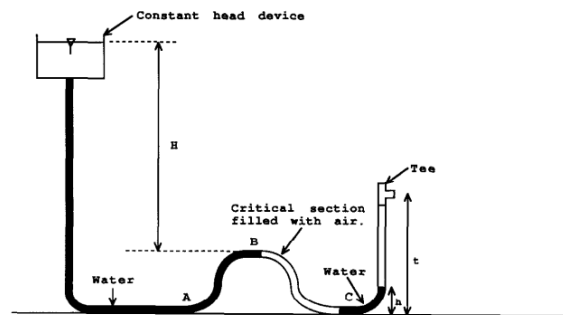
$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (2.5)$$

$$Q = \frac{Av\Delta t}{\Delta t} \quad (2.6)$$

$$Q = Av \quad (2.7)$$

2.2 Air Lock

Air lock dapat terjadi dalam sistem aliran gravitasi bertekanan rendah di mana kantong udara terakumulasi di puncak gelombang pipa terutama pada sistem perpipaan yang berkelok seperti pada gambar 2.1. Kantong udara tersebut menyerap sejumlah besar energi dan dapat menghalangi aliran air sebagian atau seluruhnya. Ketika aliran terhalang sepenuhnya, tidak ada air yang akan dikeluarkan hingga udara tersebut dikeluarkan. Metode yang paling umum untuk melepaskan kantong udara dalam saluran pasokan air adalah dengan memasang katup pelepas udara tepat di hilir dari puncak gelombang pipa. (Reynolds, 1995). Dapat dilihat pada gambar 2.1 ilustrasi fenomena *air lock*.



Gambar 2.1 Fenomena *Air Lock* pada sistem perpipaan (Reynolds, 1995).

2.3 Arduino

Arduino merupakan sebuah rangkaian *board* mikrokontroler berbasis Atmega 328. Platform ini terdiri dari papan mikrokontroler yang dilengkapi dengan berbagai pin input/output (I/O) yang dapat digunakan untuk menghubungkan sensor, aktuator, dan perangkat lainnya. Arduino telah berevolusi menjadi berbagai model dan varian, termasuk Arduino Uno, Arduino Mega, Arduino Nano, dan banyak lagi, yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan pengembangan proyek elektronika yang beragam. Dengan harga yang terjangkau dan fleksibilitas yang tinggi, Arduino telah menjadi salah satu platform pengembangan perangkat keras yang paling populer dan banyak digunakan di seluruh dunia.

Arduino dapat mengolah input / output sinyal analog maupun digital dengan terdiri dari 14 input / output digital, dan 6 cabang digital yang dapat digunakan sebagai sinyal Pulse Width Modulation (PWM). Selain itu Arduino uno memiliki osilator Kristal dengan kecepatan clock 16 MHz, koneksi USB, konektor listrik, konektor ICSP dan tombol reset untuk mengulang program. Arduino ini juga dapat diintegrasikan dengan modul lain. Arduino menggunakan bahasa pemrograman C dan memiliki perangkat lunak sendiri untuk *developer* program nya. (Amelia, 2022).

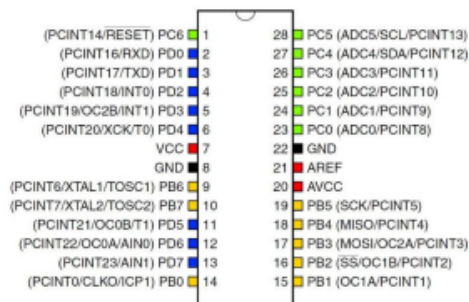
Dapat dilihat pada Gambar 2.1 Spesifikasi Arduino R3 dan Arduino Uno R3 pada Gambar 2.2 serta Arsitektur dan pin Arduino Uno R3 pada gambar 2.3.

Mikrokontroler	ATmega328
Operasi Tegangan	5 Volt
Input Tegangan	7-12 Volt
Pin I/O Digital	14
Pin Analog	6
Arus DC tiap pin I/O	50 mA
Arus DC ketika 3.3V	50 mA
Memori flash	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Kecepatan clock	16 MHz

Gambar 2.2 Spesifikasi Arduino R3 (Mappa, 2019)



Gambar 2.3 Arduino Uno R3 (Mappa, 2019)

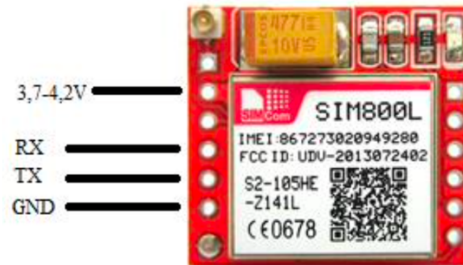


Gambar 2.4 Arsitektur dan pin Arduino Uno R3 (Mappa, 2019)

2.4 Modul GSM SIM 800L

GSM (*Global System for Mobile Communications*) merupakan sistem seluler yang digunakan untuk berkomunikasi antar sistem seluler seperti halnya penggunaan ISDN (Gusmanto, 2016). Modul GSM ini berfungsi untuk berkomunikasi antara *user* / pelanggan PDAM dengan modul Arduino untuk

mengirim data hasil ukur sensor (Teugeuh, 2020). ATCommand merupakan perintah yang dapat diberikan modem untuk mengirim data berbasis GSM/GPRS.

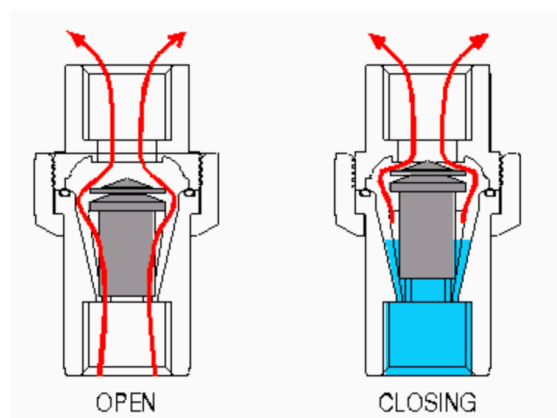


Gambar 2.5 Modul GSM (Teugeuh, 2020)

Gambar 2.5 merupakan modul GSM SIM800L. Modul GSM ini memiliki operasi tegangan sekitar 3,7 ~ 4,2 V. Dengan ukuran modul 2,2 cm x 1,8 cm tentu modul ini sangat ringkas dan cocok untuk proyek yang membutuhkan pengiriman data secara nirkabel. Salah satu keunggulan dari modul ini yaitu sangat mudah digunakan dan dioperasikan melalui mikrokontroler seperti Arduino.

2.5 Air Vent Valve

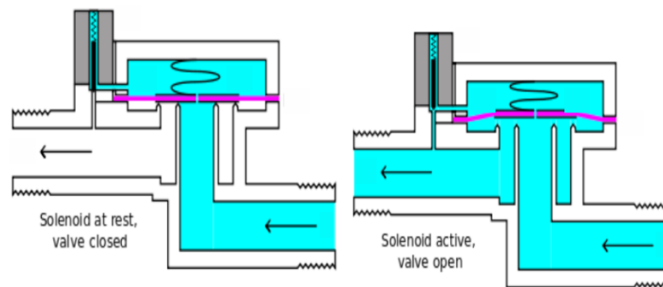
Air vent valve adalah sebuah alat mekanis yang memiliki fungsi untuk melepaskan udara yang terjebak pada pipa. Katup ini memiliki tekanan minimum 0,1 bar sampai 1 bar. Dapat dilihat pada gambar 2.6 mekanisme pada *air vent valve*, *air vent valve* ini akan terbuka otomatis ketika udara yang terakumulasi bertekanan pada saat aliran air dalam penuh. Mengeluarkan udara dan menutup, pada saat air dalam kondisi rendah.



Gambar 2.6 Cara Kerja Air Vent Valve (Rozikhin, 2024).

2.6 Solenoid Valve

Solenoid valve merupakan sebuah katup yang terpasang pada suatu sistem perpipaan. Solenoid valve ini digunakan untuk mengontrol dan mengarahkan laju aliran fluida dengan cara membuka dan menutup katup (Harahap, 2016). Terdapat banyak macam jenis solenoid valve tergantung pada penggunaannya, namun berdasarkan modelnya solenoid valve ini dibagi menjadi 2 macam yaitu *single coil* dan *double coil*. Solenoid valve ini merupakan elemen control yang paling sering digunakan dalam *fluidics*.



Gambar 2.7 Cara Kerja Solenoid Valve (Harahap, 2016)

Seperti pada gambar 2.7 merupakan cara kerja solenoid valve. Solenoid valve memiliki kumparan sebagai penggerak yang memiliki fungsi untuk menggerakkan piston. Ketika solenoid valve mendapat tegangan, *coil* akan mengubahnya menjadi medan elektromagnetik. Sebuah pin akan tertarik akibat gaya magnet tersebut yang akan membuka atau menutup piston atau plunger.

2.7 Water Flow Sensor YF-S201

Flow meter merupakan modul sensor untuk mengukur besaran debit fluida, yang melalui pipa / lubang. Dengan menggunakan prinsip Faraday, saat sebuah fluida melalui tabung transduser, maka medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan akan membuat induksi. Flow meter biasanya digunakan dalam berbagai aplikasi pemantauan dan pengukuran daya, seperti pemantauan konsumsi energi rumah maupun industri (Maulidin, 2020).

Flow sensor jenis YF-S201 sendiri bekerja pada tegangan input 5V DC dengan beban arus maksimal sebesar 15mA. Dengan ukuran 1/2" sensor ini sangat cocok

untuk dipakai pada penggunaan rumahan. Selain itu sensor ini memiliki kapasitas 10-300L/min dan juga memiliki *rise time* yang kecil yaitu sekitar $0.04\mu S$.

Terdiri dari katup plastik, rotor yang akan digerakan air serta sensor efek hall. Cara kerja sensor ini yaitu pada saat air mengalir melalui gulungan rotor maka rotor akan berputar sesuai dengan kecepatan air yang mengalir. Sensor ini menggunakan prinsip kerja sensor efek hall. Efek hall memanfaatkan medan magnetik pada partikel bermuatan yang bergerak (Riupassa, 2018). Dapat dilihat pada Gambar 2.5 *Water-flow sensor*.

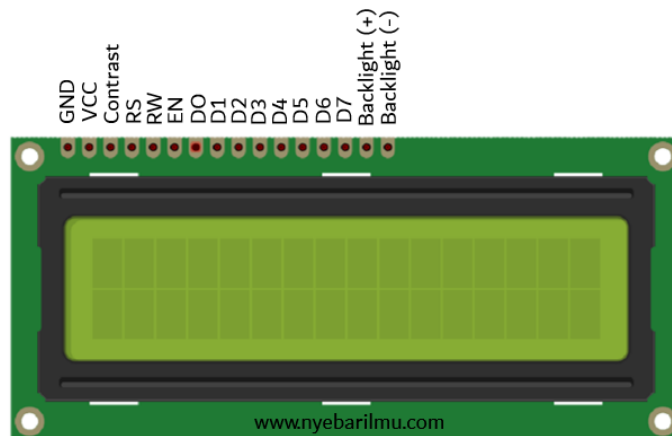


Gambar 2.8 *Water Flow Sensor YF-S201* (Martono,2020)

2.8 Liquid Crystal Display

Sebagai media tampilan, Liquid Crystal Display (LCD) menggunakan kristal cair sebagai komponen utama untuk menampilkan informasi. Untuk penggunaan dengan Arduino, LCD telah dilengkapi dengan modul I2C (Inter Integrated Circuit) sebagai perisai, yang berguna untuk menyederhanakan proses pemrograman pada Arduino Uno dan memungkinkan akses yang lebih mudah terhadap layar LCD (Amelia 2022).

Liquid Crystal Display (LCD) 16x2 adalah jenis tampilan yang memiliki 16 karakter pada setiap baris dan dua baris secara keseluruhan. Layar ini menggunakan teknologi kristal cair untuk menampilkan teks dan grafik secara jelas. Dilengkapi dengan lampu latar belakang yang dapat diatur, LCD 16x2 memberikan visibilitas yang baik dalam berbagai kondisi pencahayaan. Dengan antarmuka yang kompatibel dengan berbagai mikrokontroler, seperti Arduino, LCD ini mudah diintegrasikan dalam berbagai proyek elektronik. Dapat dilihat pada Gambar 2.7 Sensor PZEM-004T.



Gambar 2.9 Liquid Crystal Display (LCD) 16x2 (Rosyady, 2023)

2.9 Blynk

Blynk adalah platform pengembangan aplikasi IoT yang memungkinkan pengguna untuk dengan mudah membuat aplikasi berbasis smartphone untuk mengontrol berbagai perangkat elektronik secara jarak jauh. Dengan *Blynk*, pengguna dapat membuat antarmuka pengguna (UI) yang disesuaikan dan mengendalikan perangkat seperti lampu, kipas angin, atau sensor suhu melalui koneksi internet. Platform ini menyediakan berbagai widget dan fungsi yang dapat disesuaikan, serta mendukung integrasi dengan berbagai jenis mikrokontroler dan perangkat keras lainnya. Selain itu, *Blynk* juga menyediakan fitur-fitur seperti pemantauan data dan notifikasi, menjadikannya pilihan yang populer untuk proyek-proyek Internet of Things (IoT).

Selain itu, *Blynk* menyediakan layanan cloud yang memungkinkan pengguna untuk dengan mudah menyimpan dan mengakses data proyek mereka dari mana saja, serta menyediakan fitur keamanan yang kuat untuk melindungi informasi pengguna. Dengan antarmuka pengguna yang intuitif dan dukungan komunitas yang aktif, *Blynk* menjadi platform yang ideal bagi pengembang pemula maupun ahli untuk merancang dan mengimplementasikan solusi IoT yang inovatif dan dapat diandalkan. Keunggulan *Blynk* dalam kemudahan penggunaan dan fleksibilitasnya menjadikannya pilihan yang populer di kalangan pengembang IoT di seluruh dunia.

BAB III

RANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Perancangan dan penelitian ini dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Departemen Fisika, FSM, UNDIP, Semarang. Perancangan dan penelitian akan dilaksanakan dari bulan Agustus 2024 sampai dengan bulan Oktober 2024.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu air PDAM sebagai sistem yang akan di kontrol.

Alat yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu

- Arduino R4

Digunakan sebagai mikrokontroler untuk membaca nilai output dari sensor dan pengendali utama pada rancangan sistem.

- *Waterflow* sensor YF-S201

Digunakan sebagai sensor untuk mengukur volum serta debit air yang mengalir pada pipa.

- *Air vent*

Digunakan sebagai ventilasi udara yang mengeluarkan angina dari sistem perpipaan.

- Modul GSM

Digunakan sebagai sistem pengiriman data secara nirkabel kepada *blynk*.

- Relay

Digunakan sebagai penghubung dan pemutus arus listrik dari sumber ke solenoid valve.

- Solenoid valve

Digunakan sebagai katup otomatis mengatur aliran air pada sistem perpipaan.

- LCD 20x4

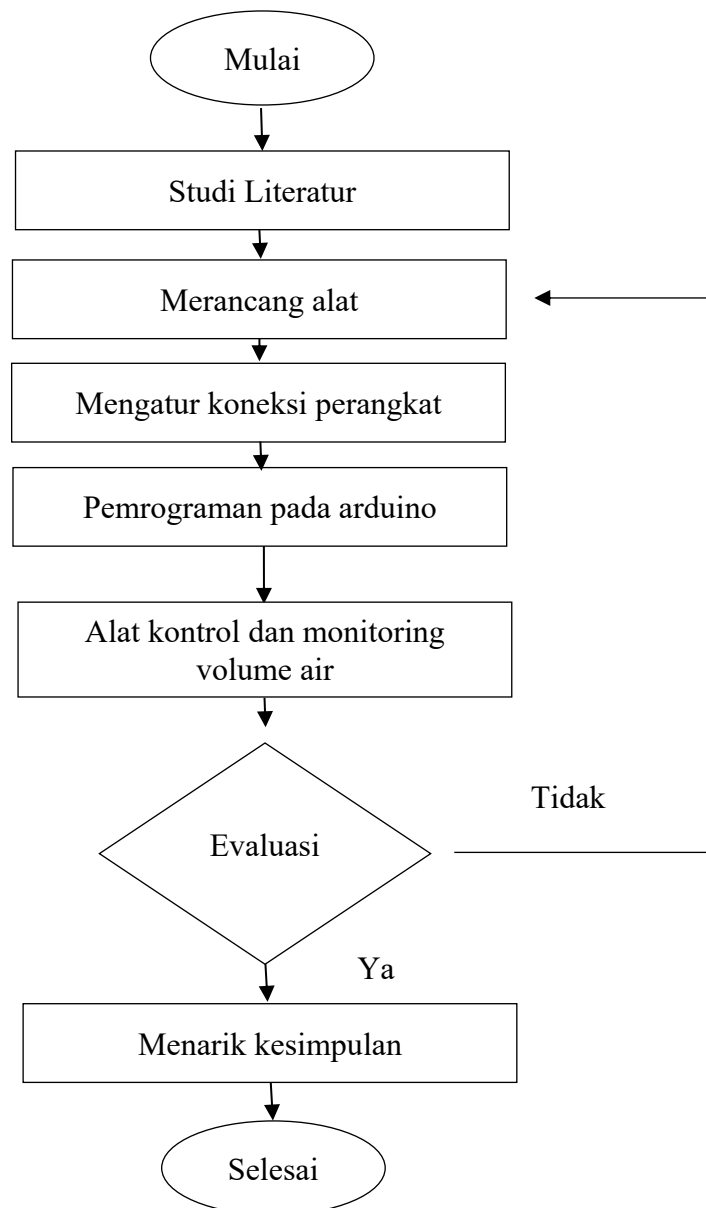
Digunakan sebagai penampil data volume terpakai dan debit air yang telah diambil sensor.

- Aplikasi *Blynk*

Digunakan sebagai penampil data volume terpakai dan debit air yang telah diukur oleh sensor melalui ponsel.

3.3 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah penelitian dimulai dengan studi literatur kemudian merancang alat dengan membuat gambar rancangan alat serta diagram blok dan alir sistem. Selanjutnya, menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan dan mulai membuat rancangan alat. Setelah itu, mengatur koneksi antar perangkat seperti sensor waterflow YF-S201, relay, dan solenoid valve dengan mikrokontroler Arduino R4 menjadi satu sistem kontrol dan monitoring debit aliran air menggunakan aplikasi Arduino IDE. Setelah itu, menyambungkan Arduino R4 dengan internet untuk komunikasi ke aplikasi Blynk dan merancang antarmuka aplikasi Blynk agar dapat dibaca oleh pengguna melalui smartphone. Tahap terakhir adalah pengujian prototipe sistem untuk memastikan apakah berjalan dengan efektif untuk menganalisis hasil dan menarik kesimpulan pada penelitian. Prosedur penelitian digambarkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.4 Deskripsi Sistem

Rancang bangun sistem kontrol volume air PDAM terpakai ini bertujuan untuk mengontrol penggunaan air, kesalahan pembacaan oleh petugas PDAM, tagihan yang membengkak akibat udara yang terbaca pada meteran, serta menghindari pengurangan debit air akibat *air lock*. Sistem ini memungkinkan pengguna untuk menentukan berapa volume air yang ingin digunakan. Digunakan solenoid valve

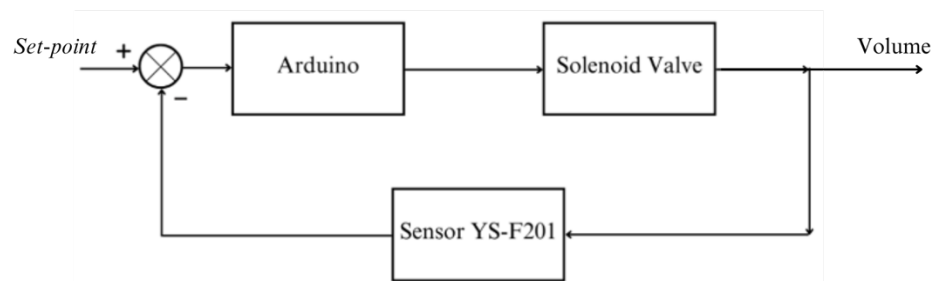
yang akan mengontrol penggunaan air. Katup tersebut akan membuka atau menutup secara otomatis ketika penggunaan air melebihi yang sudah ditentukan. Selain itu, para pengguna juga dapat memonitoring penggunaan air harian, mingguan, dan bulanan secara real time.

Proses kerja sistem ini dimulai dengan sensor YSF-201 yang berfungsi untuk mengukur volume air yang mengalir melalui pipa. Data yang diperoleh dari sensor ini akan dikirimkan ke mikrokontroler untuk dianalisis. Jika volume air yang terpakai mencapai atau melebihi yang sudah ditentukan, mikrokontroler akan mengirimkan sinyal ke solenoid valve untuk menutup katup. Pengguna dapat memonitoring dari jarak jauh melalui aplikasi *Blynk*.

Modul Internet of Things yang menggunakan aplikasi *Blynk* memudahkan pengguna untuk mengontrol dan memonitoring penggunaan PDAM secara efisien. Informasi mengenai volume air yang sudah terpakai akan ditampilkan pada aplikasi, sehingga pengguna dapat mengambil tindakan yang diperlukan untuk mengontrol penggunaan air sesuai kebutuhan. Diharapkan sistem ini dapat membantu pengguna dalam mengelola penggunaan air PDAM dengan lebih efektif dan efisien, serta mengurangi kesalahan pembacaan pada meteran turbin akibat *air lock*.

3.5 Diagram Blok Sistem

Pada perancangan alat ini terdapat pembagian sistem menjadi bagian masukan, proses, dan keluaran seperti yang telah ditencanakan dengan merujuk pada diagram blok pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Diagram blok sistem kontrol volume air PDAM