

SMART METERING BERBASIS IOT UNTUK PERHITUNGAN BIAYA PENGGUNAAN AIR

IOT-BASED SMART METERING FOR CALCULATING WATER USE COST

Dheanna Asuma. 1, Rizki Ardianto Priramadhi S.T.,M.T. 2, Ir. Porman Pangaribuan M.T. 3,
1,2,3 Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹mikaasuma@student.telkomuniversity.ac.id, ²rizkia@telkomuniversity.ac.id,
³porman@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Kebutuhan akan air oleh penghuni kost semakin meningkat, sehingga mengharuskan pemilik kost-an membagi pembayaran penggunaan air secara rata. Hal ini membuat penghuni membayar biaya penggunaan air dengan nominal yang sama walaupun penggunaan air tiap kamar kost berbeda-beda. Oleh karena itu perlu dibuatkan sistem smart metering untuk menghitung pemakaian air PDAM pada tiap kamar kost agar pembayaran air dapat dibagi secara adil.

Pada penelitian ini dibuatlah sistem pengendalian air PDAM dengan arduino uno yang menggunakan sensor flow meter untuk mengukur volume dan debit air, serta server cloud untuk memantau total volume air dan menghitung biaya yang perlu dibayarkan. Sehingga dapat diketahui dalam sebulan berapa banyak liter air yang digunakan dan berapa banyak biaya yang harus dibayarkan..

Kata Kunci – *Smart metering, sensor flow meter, Server Cloud*

Abstract — *The need for water by boarders is increasing, so that it requires the owner of the boarding house to share payment for water use equally. This makes the residents pay the same nominal water usage fee even though the water usage for each boarding room is different. Therefore it is necessary to make a smart metering system to calculate PDAM water usage in each boarding room so that water payments can be shared fairly.*

In this study a PDAM water control system was created with Arduino Uno that uses flowmeter sensors to measure water volume and flow, and cloud servers to monitor water volume and water flow. So that it can be seen in a month how many liters of water are used and how much costs must be paid.

Keywords - *Smart metering, flow meter sensor, Server Cloud*

1. Pendahuluan

Air adalah senyawa yang penting bagi semua makhluk hidup, tidak ada makhluk hidup di dunia yang tidak membutuhkan air. Di negara-negara berkembang seperti di Indonesia, tiap orang memerlukan air 90 hingga 140 liter per hari [1]. Air dibutuhkan oleh manusia untuk memenuhi berbagai keperluan primer antara lain: untuk minum, masak, mandi, mencuci dan pertanian. Selain itu peyediaan air bersih untuk masyarakat mempunyai peranan yang sangat penting dalam meningkatkan kesehatan lingkungan atau masyarakat. Semakin hari diiringi dengan pertambahan penduduk, kebutuhan akan air juga semakin meningkat.

Pada pengelolaan kost saat ini, biaya pembayaran air tiap kamar kost dalam satu bulan dibayarkan oleh pemilik kost dengan membagi total pemakaian air secara rata. Padahal, penggunaan tiap kamar kost terhadap konsumsi air berbeda. Transparansi dari konsumsi air sangat dibutuhkan oleh tiap penghuni kost. Dengan transparansi tersebut, maka akan terhindar ketidakadilan pembayaran air antar kamar. Dengan melihat kerugian diatas, maka dibuat alat pembaca meter air untuk mengetahui besar volume air dan debit air.

Hasil dari Tugas Akhir ini dapat dimanfaatkan sebagai pengukur debit air dan penghitung biaya penggunaan air di kost, kontrakan, apartement, maupun perumahan.

Berdasarkan latar belakang masalah, didapatkan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana cara merancang sistem smart metering?
2. Bagaimana cara komunikasi data antara mikrokontroler dan cloud server?
3. Bagaimana cara mengkonversi nilai debit air menjadi volume?

2. Landasan Teori

2.1. Desain Konsep Solusi



Gambar 1. Konsep Alat

Pada tugas akhir ini, dirancang sebuah sistem monitoring biaya penggunaan berdasarkan debit air yang mengalir. Proses kerja dari sistem ini :

1. Perhitungan debit
 - a. Menentukan debit atau kecepatan air yang mengalir pada sensor berdasarkan effect hall yang terjadi.
 - b. Data kecepatan air yang terkumpul dikirim ke mikrokontroler untuk dikonversi menjadi volume.
2. Perhitungan biaya air
 - a. Volume air (m³) yang terkumpul dikali dengan harga biaya penggunaan air yang dapat diinput secara manual.
3. Monitoring biaya
 - a. Debit air dan total volume akan ditampilkan pada LCD.
 - b. Total volume dan total biaya yang harus dibayarkan akan ditampilkan pada server cloud adafruit io.

2.2. Air Bersih

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan akan menjadi air minum setelah dimasak terlebih dahulu. Sebagai batasannya, air bersih adalah air yang memenuhi persyaratan bagi sistem penyediaan air minum. Adapun persyaratan yang dimaksud adalah persyaratan dari segi kualitas air yang meliputi kualitas fisik, kimia, biologi dan radiologis, sehingga apabila dikonsumsi tidak menimbulkan efek samping [5]. Penyediaan dan Pengelolaan Air Minum di kelolah oleh perusahaan PDAM.

2.2.1 Air Bersih

PDAM atau perusahaan daerah air minum merupakan salah satu unit usaha milik daerah yang bergerak dalam distribusi air bersih bagi masyarakat umum yang diawasi dan dimonitor oleh aparat-aparat eksekutif maupun legislatif. PDAM terdapat di setiap provinsi, kabupaten, dan kotamadya diseluruh Indonesia.

Pemakaian air rata-rata rumah tangga di perkotaan di Indonesia sebesar setiap orang 144 L/hari atau 1.66667 mL/detik. Pemakaian terbesar adalah untuk keperluan mandi sebesar 60 liter perhari perorang atau 45 persen dari total pemakaian air. Direktur Pengembangan Air Minum Poejastanto, Ditjen Cipta Karya, dalam Dialog Penajaman Pola Konsumsi dan Kebutuhan Pokok Minimal Nasional di Jakarta, Senin (5/3) mengatakan data tersebut merupakan hasil survei yang dilakukan Direktorat Pengembangan Air Minum, Ditjen Cipta karya, Departemen PU tahun 2006 [6].

2.2.2 Air Artesis dan Freatik

Istilah artesis diambil dari nama kota Artois di Perancis, orang Romawi mengatakannya Artesium, dimana untuk pertama kalinya aliran artesis dipelajari. Air artesis adalah air tanah tertekan yang menimbulkan tekanan hidrostatik yang tidak normal. Selain air artesis air, air tanah juga ada yang bernama Freatik, Air Tanah Freatik adalah air tanah dangkal, contohnya air sumur yang terletak di antara air permukaan dan lapisan kedap air (impermeable) [8]. Sedangkan sumur bor artesis merupakan sumur bor dalam (artesis) mana air dipaksa ke atas di bawah tekanan dengan cara di bor menggunakan mesin. Air di sumur artesis mengalir dari akuifer, yang menembus lapisan batuan atau sedimen yang sangat berpori. Biasanya batu pasir, mampu menahan, dan mentransmisikan sejumlah besar air.

2.2.3 Harga Air

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Jakarta tengah mengkaji penerapan tarif progresif kepada pelanggan golongan tarif rendah, seperti rumah tangga sangat sederhana.

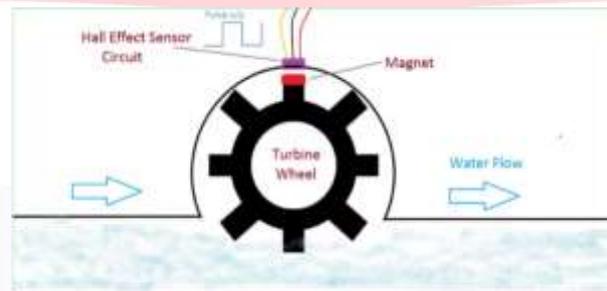
Sejak 2007, Erlan menjelaskan, tarif air bersih belum pernah berubah. Masyarakat berpenghasilan rendah membayar Rp 1.050 per bulan tanpa memperhitungkan volume yang digunakan. Tarif progresif dikenakan bagi penggunaan lebih dari 10 meter kubik per bulan. Sedangkan tarif pemakaian kurang dari volume itu tetap Rp 1.050. Sebelumnya, tarif progresif hanya berlaku bagi pelanggan kelompok rumah tangga menengah, kantor pemerintah, dan industri kecil [9].

2.3. Flow Meter

Flow Meter merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur laju aliran atau Jumlah suatu fluida yang bergerak mengalir dalam suatu pipa tertutup atau saluran terbuka seperti channel atau sungai atau parit atau gorong-gorong [10]. Jenis fluida yang melewati atau diukur oleh Flow Meter bisa berupa cairan, gas maupun solid seperti air mium, air limbah, air lumpur, susu, madu, kecap, ciaran kimia, air gula, adonan kue, concrete, powder, biji bijian dan lain-lain.

2.3.1 Hall Effect

Hall effect sensor merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi medan magnet [11]. Hall Effect sensor akan menghasilkan sebuah tegangan yang proporsional dengan kekuatan medan magnet yang diterima oleh sensor tersebut. Perubahan medan magnet yang terus menerus menyebabkan timbulnya sinyal yang kemudian dapat diukur frekuensinya. Frekuensi inilah yang merupakan data yang siap diolah secara digital.



Gambar 2. Hall Effect Pada Sensor

Ketika air mengalir melalui rotor, maka rotor akan berputar sesuai dengan kecepatan aliran air yang mengalir melalui rotor tersebut. Perputaran rotor inilah yang menjadi dasar dari perhitungan jumlah air yang keluar dari keran air tersebut. Ketika ada arus listrik yang mengalir pada hall effect yang ditempatkan dalam medan magnet yang arahnya tegak lurus arus listrik. Pergerakan pembawa muatan akan berbelok ke salah satu sisi dan menghasilkan medan listrik. Medan listrik terus membesar hingga gaya Lorentz yang bekerja pada partikel menjadi nol. Perbedaan potensial antara kedua sisi device tersebut disebut potensial *Hall*. Potensial *Hall* ini sebanding dengan medan magnet dan arus listrik yang melalui perangkat. Output sensor ini yaitu berupa sinyal kotak yang menghasilkan pulsa frekuensi untuk menentukan debit air yang dihasilkan oleh sensor water flow.

Water Flow Sensor merupakan sebuah perangkat sensor yang digunakan untuk mengukur debit fluida. Sebagaimana pada semua sensor, keakuratan absolut dari pengukuran membutuhkan pengkalibrasian sensor. Pada perancangan penelitian ini tipe *water flow* sensor yang digunakan merupakan mechanical water flow sensor. Sensor tipe ini memiliki rotor dan *transducer hall-effect* didalamnya untuk mendeteksi putaran rotor ketika fluida melewatinya. Putaran tersebut akan menghasilkan pulsa digital yang banyaknya sebanding dengan banyaknya fluida yang mengalir melewatinya

2.3.2 Menghitung Debit Air

Debit adalah volume zat cair yang mengalir persatuan waktu, maka satuan debit itu satuan volume persatuan waktu sebagai contoh m³/detik, m³/jam, liter/detik, liter/jam, ml/detik, dan lain sebagainya. Untuk menghitung aliran debit air tersebut bisa menggunakan rumus di bawah ini:

- Rumus Menghitung Waktu Aliran

$$\text{Debit air} = \frac{\text{Volume air}}{\text{Waktu aliran}}$$

- Rumus Menghitung Volume Aliran:

$$\text{Waktu aliran} = \frac{\text{Volume air}}{\text{Debit air}}$$

Jika diketahui debit dan waktu aliran, maka didapat menghitung volume aliran dengan persamaan berikut:

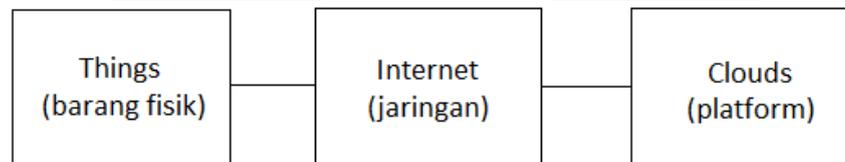
$$\text{Volume Aliran} = \text{Debit air} \times \text{Waktu aliran}$$

2.4. Internet of Things

Internet of Things (IoT) merupakan segala aktifitas yang pelakunya saling berinteraksi dan dilakukan dengan memanfaatkan internet [12]. atau sistem perangkat komputasi yang saling berkaitan, seperti mesin mekanis dan digital, objek, hewan atau orang-orang yang dilengkapi dengan pengenalan unik dan kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan akses manusia ke manusia atau interaksi manusia ke komputer. Istilah Internet of Things (IoT) pertama kali disarankan oleh Kevin Asthon pada tahun 1999 dan mulai populer melalui Auto-ID Center di MIT [13]. Internet of Things melakukan suatu interkoneksi antara satu atau banyak perangkat dengan menggunakan suatu jaringan sebagai media pengiriman datanya. Dalam sistem pengiriman data IoT umumnya digunakan sebuah cloud/server.

2.4.1 Konsep dan Cara Kerja *Internet of Things*

Konsep IoT ini sebetulnya cukup sederhana dengan cara kerja mengacu pada 3 elemen utama pada arsitektur IoT yaitu Barang Fisik yang dilengkapi modul IoT, Perangkat Koneksi ke Internet seperti Modem dan Router Wireless Speedy seperti di rumah, dan Cloud Data Center tempat untuk menyimpan aplikasi beserta database.



Gambar 3. Diagram Konsep *Internet of Things*

Seluruh penggunaan barang yang terhubung ke internet akan menyimpan data, data tersebut terkumpul sebagai big data yang kemudian dapat diolah untuk dianalisis baik oleh pemerintah, perusahaan, maupun negara asing untuk kemudian dimanfaatkan bagi kepentingan masing-masing. Disinilah peran penting pemerintah Republik Indonesia dalam menjaga ketahanan negara dari sisi sistem informasi.

2.4.2 Fungsi *Internet of Things*

Dengan prinsip tujuan utama dari IoT sebagai sarana yang memudahkan untuk pengawasan dan pengendalian barang fisik maka konsep IoT ini sangat memungkinkan untuk digunakan hampir pada seluruh kegiatan sehari-hari, mulai dari penggunaan perorangan, perkantoran, rumah sakit, pariwisata, industri, transportasi, konservasi hewan, pertanian dan peternakan, sampai ke pemerintahan.

2.5. Server Cloud

Untuk menghubungkan suatu objek ke IoT, beberapa hal diperlukan dalam *hardware* maupun *software*. Pertama-tama, jika ingin menghubungkan data dari komputer, sensor atau aktuator data diperlukan. Dalam hal ini, data perlu diunggah ke internet yang terhubung dengan suatu aplikasi. Salah satu penyimpanan di internet adalah *server cloud*. teknologi ini memanfaatkan media internet sebagai pusat server untuk pengelolaan data. Sehingga data-data yang diperlukan tidak perlu disimpan melalui alat penyimpanan seperti Flashdisk, CD dan DVD. Salah satu cloud server gratis yang mudah diakses

adalah Adafruit IO Cloud Server.



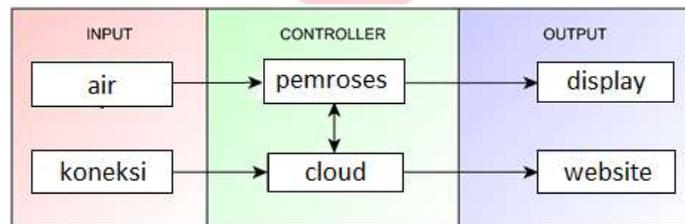
Gambar 4. Tampilan Adafuit IO

Adafruit IO adalah layanan platform analitik IoT yang memungkinkan Anda untuk mengumpulkan, memvisualisasikan, dan menganalisis aliran data langsung secara *real time* pada *server cloud* [14].

3. Pembahasan

3.1 Desain Sistem

Dalam desain sistem ini akan dijelaskan gambaran mengenai perancangan smart metering berbasis IoT. Komunikasi yang dilakukan akan terjadi secara *real time* melalui jaringan koneksi internet ESP32.



Gambar 5. Desain Sistem

Sensor *flow meter* dipakai untuk menghitung debit dan volume air dengan membaca *hall effect* pada sensor. Hal ini bertujuan untuk mempermudah menghitung biaya pembayaran penggunaan air dalam kurun waktu 1 bulan dilihat dari total volume air yang dipakai

3.1.1 Diagram Sistem



Gambar 6. Diagram Sistem

Dalam diagram sistem akan dibahas mengenai proses singkat rancangan sistem ini bekerja. Pada rancangan sistem, input ialah banyak *pulse* yang terhitung saat *hall effect* terjadi pada sensor. Penggunaan *IoT* dalam sistem ini sebagai penghubung komunikasi antara *server cloud* dengan mikrokontroler

3.1.2 Diagram Blok



Gambar 7. Diagram Blok Sistem

Dalam diagram blok akan dibahas sistem *smart metering* berbasis *iot* untuk perhitungan biaya penggunaan air yang akan dirancang pada tugas akhir ini. Masukan pada sistem berupa nilai kecepatan air dengan mikrokontroler berfungsi untuk memproses data. *Display* memberikan keluaran berupa *monitoring* biaya penggunaan air

3.1.3 Fungsi dan Fitur

Pada tugas akhir ini fungsi dan fitur yang mengacu dari tiap blok pada Gambar 3.3 adalah sebagai berikut :

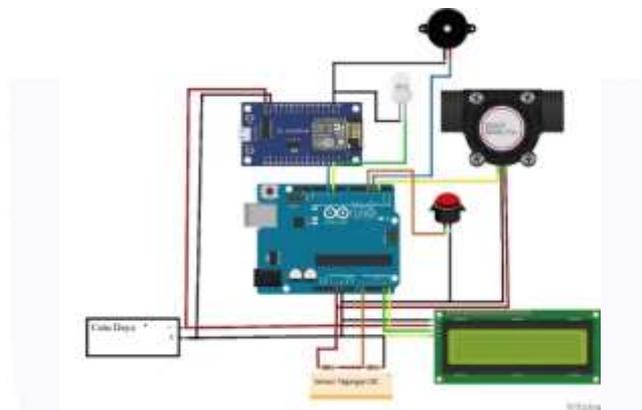
1. *Sensor Flow Meter*
Sensor *flow meter* berfungsi untuk menerima input aliran air.
2. Mikrokontroler
Mikrokontroler berfungsi sebagai otak dari sistem. Mikrokontroler akan memproses semua masukan yang berasal dari sensor flow meter kemudian mengolah data dan meneruskan hasil data untuk ditampilkan pada Adafruit *server cloud*.
3. *Display*
Pada sistem ini *display* berfungsi sebagai penampil hasil data yang telah diproses mikrokontroler

3.2 Desain Perangkat Keras

Perangkat keras dari alat ini terbagi menjadi dua bagian, skematik rangkaian dan perangkat. Skematik rangkaian berhubungan dengan komponen-komponen elektronik, modul-modul elektronik dan pinout-pinout masing-masing modul yang berhubungan untuk menghasilkan rangkaian yang dapat menjalankan fungsi dari sistem yang dirancang. Sedangkan perangkat berhubungan dengan bentuk alat, posisi masing-masing komponen dan material penyusun alat.

3.2.1 Skematik Rangkaian

Pada sistem yang dirancang, catu daya akan menyuplai tegangan yang dibutuhkan oleh mikrokontroler. Nilai keluaran dari sensor *flow meter* akan menjadi masukan untuk diproses mikrokontroler. Data hasil pengukuran akan ditampilkan melalui LCD. Kemudian data akan dikirim melalui ESP8266. Pengiriman data oleh ESP8266 dilakukan secara *real time* dan dikumpulkan dalam sebulan yang nanti akan dihitung biaya penggunaan airnya.



Gambar 8. Skematik Rangkaian

Tabel 3. 1
Komponen

Sensor Pin	Arduino Uno R3
Sensor YF-S201	Pin 2
LCD	Pin A4, pin A5
LED	Pin D0 (ESP32)
Buzzer	Pin 3
Push Button	Pin 4
ESP8266	Pin 11 ke Pin D2 Pin 10 ke Pin D1

Hubungan Antar

3.2.2 Desain Perangkat

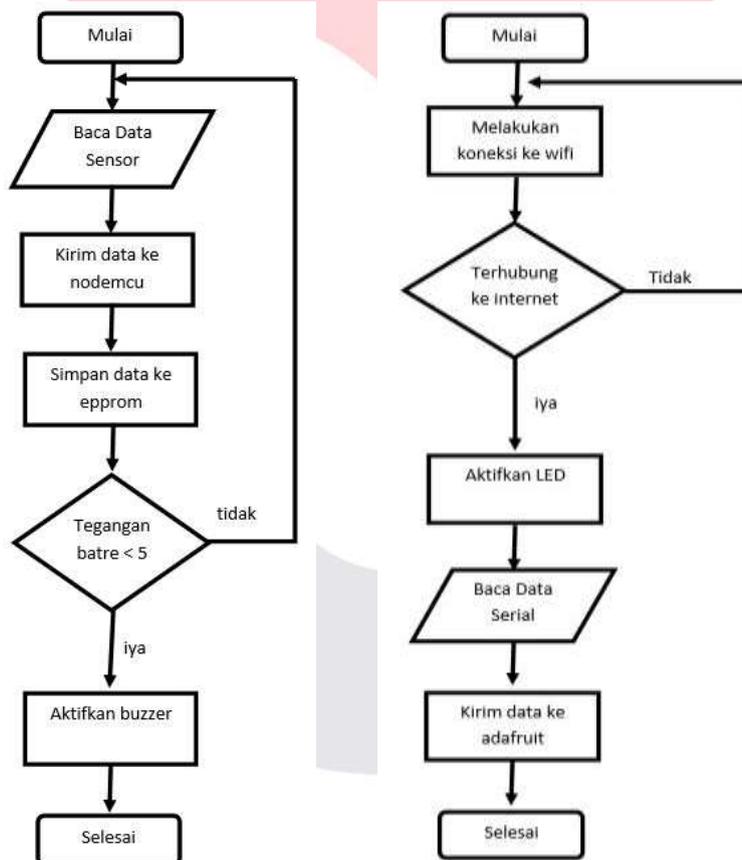
Perangkat Pada sistem yang dirancang, *flow meter* dipasang pada keran air masing-masing kamar. Pada *flow meter* juga dilengkapi drat yang sudah memiliki ukuran standar dengan perpipaan di Indonesia, sehingga pemasangan alat tidak perlu mengubah konstruksi yang sudah ada. Kemudian *flow meter* dihubungkan melalui kabel yang cukup panjang sehingga mampu menghindarkan komponen elektronik dari air agar tidak terjadi resiko *short circuit*. Komponen elektronik dipasang pada sebuah kotak berbahan plastic dan ditutup rapat. LCD dipasang dibagian depan alat agar memudahkan pengguna memonitor penggunaan air secara langsung.



Gambar 9. Desain Perangkat

3.3 Desain Perangkat Lunak

Desain perangkat lunak terdiri dari diagram alir yang akan dijalankan oleh sistem. Mula-mula sensor akan membaca *hall effect* yang terjadi ketika air mengalir. Lalu data tersebut dihitung untuk menentukan debit air menggunakan mikrokontroler. Sistem akan mengirimkan data melalui internet ke *server cloud*. Setelah data tersimpan, data akan dikirimkan dan akan dihitung total volumenya, total volume akan dikalikan dengan harga biaya per liter dengan harga biaya yang telah ditetapkan.



Gambar 10. Diagram Alir

3.4 Desain Server Cloud

Pada sistem ini, data pemakaian air akan di upload ke *server cloud* Adafruit. Terdapat tiga tampilan utama pada *server cloud*, yaitu nilai volume pemakaian, biaya pemakaian dan grafik pemakaian air dalam jangka waktu tertentu.

Volume air yang ditampilkan pada Adafruit adalah volume yang telah dibulatkan ke atas untuk mengurangi nilai *loss* atau *error* yang hilang dari perhitungan sensor.

3.4.1 Nilai Volume

Volume pemakaian ditampilkan pada *server cloud* berfungsi untuk memonitoring pemakaian atau air yang melewati sensor *flow meter*, sehingga pengguna dapat memastikan berapa volume air

yang dipakai dalam kurun waktu tertentu

3.4.2 Nilai Biaya

Nilai Biaya pemakaian ditampilkan pada *server cloud* berfungsi untuk memonitoring biaya pada kurun waktu tertentu

4. Pembahasan

4.1 Pengujian Akurasi Sensor

Sensor Flow Meter YF-S201 adalah sensor yang mengukur volume air dengan membaca banyak putaran rotor yang berputar karena dorongan aliran air. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui akurasi berapa besar nilai error sensor pada sistem. Didalam sensor terdapat sebuah kicir yang berputar jika dialiri air, banyaknya putaran yang terjadi pada kicir tersebut lalu dihitung oleh mikrokontroler untuk ditentukan nilai debitnya dalam satuan Liter/Menit, setelah itu satuan debit diturunkan menjadi satuan Mililiter/Detik seperti pada persamaan (4.1). Penurunan satuan dilakukan agar memudahkan uji coba pada kalibrasi dibawah 20 L.

$$flow\ air = \text{banyaknya putaran rotor} \times \frac{1}{7.6} \quad (4.1)$$

$$debit\ air = \frac{flow\ air}{60} \times 1000 \quad (4.1)$$

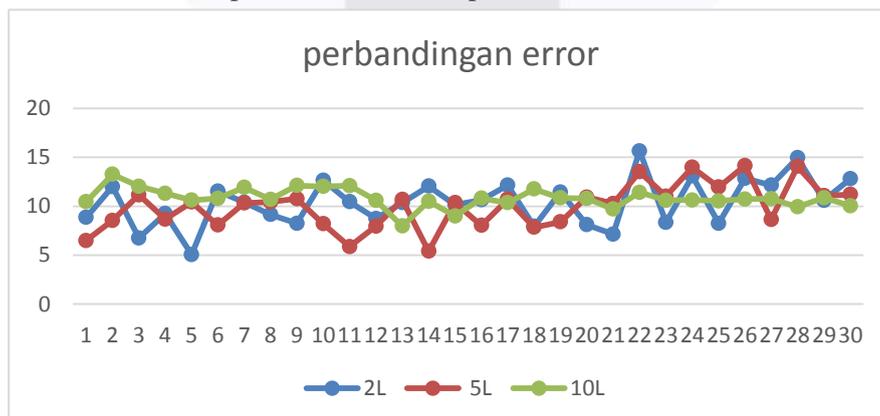
$$volume = \sum debit\ air \quad (4.1)$$

Pengujian sensor dilakukan dengan membandingkan nilai volume yang ditampilkan LCD dengan gelas ukur. Pengujian menggunakan air keran yang dihubungkan menggunakan selang, lalu air keran dialirkan melewati sensor dan keluar menuju gelas ukur. Setelah tinggi air pada gelas ukur mencapai titik target tertentu, aliran air dihentikan lalu dihitung selisih volume yang tertera pada LCD dan gelas ukur. Pengujian akurasi sensor dilakukan sebanyak 30 kali pada masing-masing kalibrasi sebesar 2 L, 5 L, dan 10 L.

$$Error = \frac{(\text{nilai gelas ukur} - \text{nilai sensor})}{\text{nilai gelas ukur}} \times 100\% \quad (4.2)$$

$$Error\ rata - rata = \frac{\sum \text{Nilai Selisih Data}}{\sum \text{Jumlah Data}} \quad (4.3)$$

Untuk mendapatkan persentase error pada parameter 2 L, 5 L, dan 10 L; hasil volume gelas ukur dikurangi dengan hasil pengukuran sensor seperti persamaan (4.2). lalu dihitung rata-rata *error* dengan persamaan (4.4) dimana untuk parameter 2 L didapatkan rata-rata error 10.39%, parameter 5 L didapatkan rata-rata error 9.97%, parameter 10 L didapatkan rata-rata error 10.84%.



Gambar 11. Grafik Perbandingan Error Pada Pengujian Akurasi Sensor

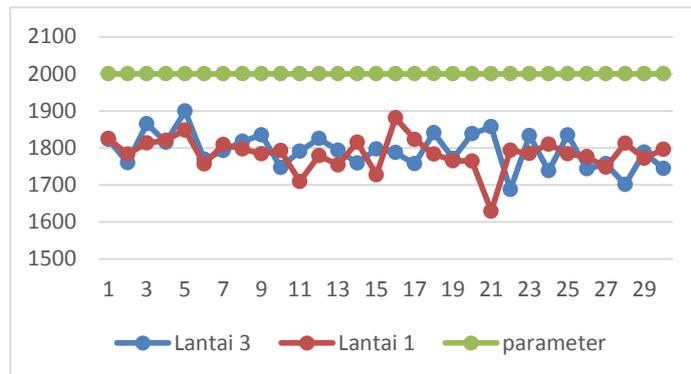
Dari 3 parameter yang telah diuji, didapatkan grafik perbandingan *error* pada Gambar (4.5). rata-rata *error* keseluruhan yang didapat masih relatif cukup besar dikarenakan pengambilan data belum memperhatikan ketinggian dan kecepatan air yang mengalir. Jadi perlu diuji kembali pengaruh ketinggian sumber air mengalir dan batas minimal kecepatan air yang akan dibahas pada pengujian 2 dan

3.

4.2 Pengujian Pengaruh Ketinggian Air

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tinggi rendahnya sumber penampungan air terhadap pembacaan sensor. Pengujian dilaksanakan sebanyak 30 kali dengan menguji pada kran air yang berada dilantai 1 dan lantai 3 gedung N Telkom University. Kalibrasi diuji dengan target sekali percobaan adalah 2000 ml.

Pada kalibrasi 2 L di lantai 1 dilakukan percobaan sebanyak 30 kali pada kran air kamar mandi putri gedung . Pada grafik gambar (4.7) dapat disimpulkan selisih pengukuran tidak ada yang mencapai tepat pada 2000 ml. Pengukuran terjauh pada lantai 1 berada pada titik 1629 ml atau selisih 371 ml dari target yang seharusnya, dan Pengukuran terjauh pada lantai 3 berada pada titik 1687 ml atau selisih 313 ml dari target yang seharusnya.



Gambar 12. Grafik Perbandingan Selisih Pada Pengujian Lantai 1 Dan 3

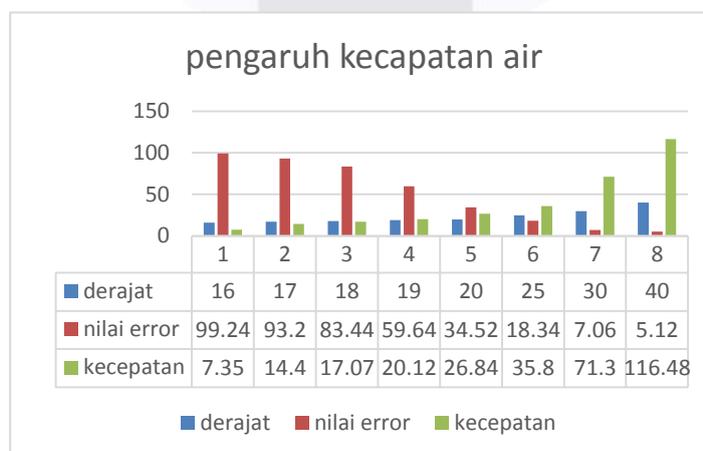
Pada grafik dijelaskan selisih air atau nilai error sensor dengan parameter gelas ukur sebesar 2 L. Hasil grafik juga menunjukkan rata-rata error untuk lantai 1 sebesar 10.39% dan lantai 3 sebesar 10.78% yang dihitung dengan persamaan (4.3). Ketinggian pengambilan data pada lantai 1 dan lantai 3 dapat dikatakan tidak terlalu mempengaruhi nilai error karena keduanya tidak memiliki kecepatan air yang cukup berbeda.

4.3 Pengujian Nilai Minimal dan Nilai Maksimum

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui minimal dan maksimal kecepatan air dalam pembacaan sensor. Nilai kecepatan minimal yang didapatkan harus memenuhi maksimal nilai error 10% agar menjadi nilai minimal spesifikasi sensor dalam menghitung debit. Pengujian dilaksanakan sebanyak 5 kali pada tiap pembukaan sudut derajat 16°, 17°, 18°, 19°, 20°, 25°, 30° dengan target volume sekali percobaan adalah 2000 ml

$$debit = \frac{volume}{waktu} \tag{4.6}$$

Pengujian nilai minimal dan maksimum kecepatan air dilakukan dengan cara membuka keran air sedikit demi sedikit menggunakan busur derajat untuk menghitung kecepatan air (Gambar 4.8). Pengukuran kecepatan air dilakukan dengan menghitung berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengisi gelas ukur sebesar 1 L seperti persamaan (4.4).



Gambar 13. Statistik Pengaruh Kecepatan Air Terhadap Nilai Error

Pada gambar grafik (4.9) dapat dipelajari bahwa semakin kecil kecepatan air yang mengalir maka semakin besar nilai *error* pembacaan sensor. Nilai minimum kecepatan air yang harus mengalir pada sensor agar sensor menjadi lebih akurat adalah sebesar 43.6 ml/detik.

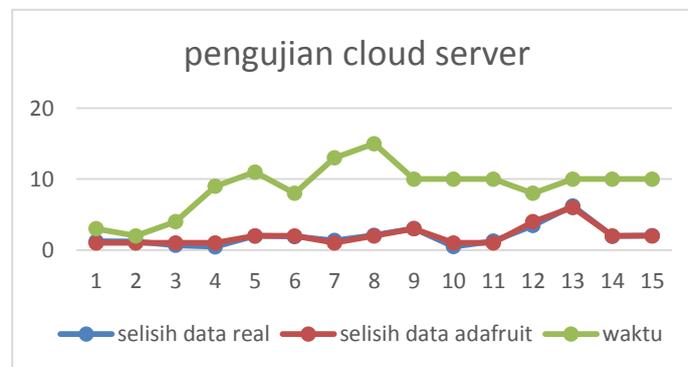
4.4 Pengujian Pengiriman Data

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu yang diperlukan alat untuk mengirimkan data ke server cloud adafruit. Pengiriman data yang cepat membuat alat yang dirancang menjadi real-time. Kecepatan pengiriman data tersebut juga harus disertai dengan pengiriman data yang tepat.

Pengujian dilakukan dengan cara menyambungkan alat ke jaringan internet menggunakan Wifi. Pada alat sudah terdapat indikator LED sebagai penanda apakah jaringan internet tersambung atau tidak. Jaringan Wifi sudah ditetapkan melalui program Arduino dengan mengisi nama SSID, password, dan Adafruit Key.

Nilai volume yang dikirimkan ke server cloud telah diubah satuannya menjadi Liter dengan pembulatan nilai ke atas. Pembulatan nilai ke atas dilakukan untuk mengurangi selisih error pada akurasi sensor. Setelah mencapai 1000 L, maka pada server cloud data akan dihitung sebagai 1 m³. Satuan m³ ini lah yang nanti akan digunakan dalam menghitung biaya penggunaan air dengan sistem progresif.

Pada pengujian ini, data yang diambil adalah kesesuaian data terukur dan data yang ditampilkan oleh server cloud. Pengujian ini ditujukan untuk membuktikan data hasil perhitungan volume dan biaya pemakaian air pada cloud server sesuai dengan data terukur. Setiap data pengukuran sensor disimpan didalam memory EEPROM, kemudian setiap 10 detik ESP32 mengakses data pengukuran tersebut. Mikrokontroler yang bertugas melakukan pengukuran volume air tidak terpengaruh dengan waktu yang dibutuhkan oleh ESP32 mengunggah data ke cloud server.



Gambar 14. Statistik Pengujian Server Cloud

Pada grafik dapat dilihat bahwa data yang terdeteksi oleh sensor sama dengan data yang ditampilkan oleh cloud server. Perubahan debit air juga tidak mempengaruhi akurasi data terukur dan data yang di tampilkan cloud server. Dapat disimpulkan pula rata-rata waktu yang dibutuhkan dalam pengiriman waktu ialah sekitar 8.86 detik.

4.5 Pengujian Perhitungan Biaya Progresif

Pengujian ini bertujuan untuk menguji ketepatan perhitungan biaya progresif berdasarkan penggunaan air yang melewati sensor. Seperti biaya pembayaran PDAM pada umumnya, tarif beban air dibagi menjadi beberapa range, contohnya seperti pada tarif PDAM ibukota DKI Jakarta diberlakukan pembagian harga berdasarkan banyaknya pemakaian air, untuk pemakaian 0-10m³ air dikenakan harga Rp.4900, untuk 11-20 m³ dikenakan harga Rp.6000, dan untuk 21-30 m³ dikenakan harga Rp.7450.

Pada pengujian ini penetapan range pemakaian air dan tarif dapat ditetapkan sendiri melalui program. Hal ini dilakukan karena tarif biaya PDAM pada tiap daerah berbeda. Selain menggunakan tarif PDAM, beberapa perumahan yang menggunakan air artesis juga memiliki pembagian range pemakaian air dan tarif sendiri. Pada pengujian ini memiliki 3 bagian, yaitu; bagian 0-15 L dikenakan harga Rp.2000, bagian 16-25 L dikenakan harga Rp.3000, dan bagian 26-35 L dikenakan harga Rp.5000. Penggunaan satuan Liter digunakan agar tidak memakan waktu dan air yang terlalu banyak dalam pengujian.

$$\text{Total harga} = \text{Total volume} \times \text{harga bagian} \quad (4.7)$$

Total volume yang telah dihitung melalui persamaan (4.1) lalu dibulatkan keatas sebelum dikalikan sesuai dengan range harga yang berlaku. Pembulatan keatas dilakukan untuk mengurangi nilai loss / error yang terjadi saat pengambilan data oleh sensor. Total harga yang didapat melalui perhitungan persamaan (4.7) akan ditampilkan pada server cloud Adafruit.

Pada lampiran 6 dipaparkan bahwa perhitungan biaya progresif dengan acuan range harga yang dipaparkan sudah 100% benar, hal ini juga berlaku untuk perhitungan biaya penggunaan air dalam satuan m³.

4.6 Pengujian Ketahanan Baterai

Baterai digunakan untuk pengganti sumber daya utama saat keadaan listrik PLN pada perumahan sedang tidak menyala. Baterai akan mulai bekerja saat sumber daya utama kehilangan aliran listrik, Ketika sumber daya PLN kembali menyala, maka sumber daya PLN tersebut akan kembali menjadi sumber daya utama dan juga mengisi kembali tegangan baterai yang telah terpakai.

Nilai minimum tegangan pada baterai agar alat bekerja adalah sebesar 5V. jika tegangan pada baterai kurang dari 5V, maka *buzzer* pada alat akan menyala sebagai pengingat. Ketika pengisian baterai, jika baterai sudah dalam kondisi penuh, maka baterai akan berhenti mengisi.

$$\text{daya} = \text{tegangan} \times \text{arus} \quad (4.8)$$

Pada pengujian ini akan dihitung berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk baterai mengisi daya dan mengosongkan daya. Pada dijelaskan bahwa pengujian ini membutuhkan setidaknya sekitar 6 hingga 7 jam agar kapasitas baterai menjadi kosong. Untuk pengisian baterai ketika listrik PLN sudah menyala hanya memerlukan waktu sekitar 3 jam saja.

5. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil perancangan dan pengujian pada *smart metering* berbasis IOT untuk perhitungan biaya penggunaan air, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Perancangan alat pengontrolan smart metering berbasis IOT untuk perhitungan biaya penggunaan air menggunakan sensor YF-S201, mikrokontroler arduino uno, ESP8266, dan Adafruit sebagai *server cloud* dapat dikatakan berjalan baik.
2. Hal-hal yang paling mempengaruhi akurasi sensor adalah kecepatan air.
3. Penggunaan karakter *long* pada mikrokontroler membuat sensor YF-S201 mampu mengukur penggunaan air hingga sekitar 20m³. Mengacu pada rata-rata penggunaan air pada perumahan dan nilai error yang masih berkisar 5%-10%, sensor diharapkan hanya digunakan untuk penggunaan air dibawah 5m³.
4. Sensor flow meter YF-S201 baik digunakan untuk aliran air yang cenderung deras dengan kecepatan rata-rata sekitar 50ml/s. alat sudah mampu untuk menghitung biaya dengan range harga yang dapat ditentukan sendiri. Namun belum diuji untuk perhitungan biaya progresif yang seperti menghitung biaya pajak progresif kendaraan bermotor.
5. Adafruit *server cloud* berhasil menampilkan total volume yang telah dibulatkan ke-atas dan total biaya pemakaian air yang telah di hitung.

Referensi

- [1] Afinardy, "Rancang bangun sistem pdam Prabayar berbasis mikrokontroler," Universitas Alaudin Makassar, 2016.
- [2] L. K. Anna, "Mencuci dan Mandi, Pemakaian Air Terbesar dalam Rumah Tangga," *www.kompas.com*, 2014.
<https://lifestyle.kompas.com/read/2014/03/24/1244223/Mencuci.dan.Mandi.Pemakaian.Air.Terbesar.dalam.Rumah.Tangga> (accessed Jan. 12, 2021).
- [3] F. Armaini, "Rancang Bangun Alat Ukur Volume Air PDAM Berbasis Mikrokontroler AT89S51 Dengan Sensor Fotodiode," Universitas Andalas, 2011.
- [4] Suyanto, "Alat Penakar Volume Air," Universitas Santa Dharma Yogyakarta, 2015.
- [5] Menteri Kesehatan, "PERATURAN MENTERI KESEHATAN Nomor : 416/MEN.KES/PER/IX/1990 Tentang Syarat-syarat Dan Pengawasan Kualitas Air," 2003.

- [6] Kementrian PUPR, "Pemakaian Air Rumah Tangga Perkotaan 144 Liter Perhari," *Selasa, 6 Maret 2007*, 2007. <https://www.pu.go.id/berita/view/4175/pemakaian-air-rumah-tangga-perkotaan-144-liter-perhari> (accessed Jan. 12, 2021).
- [7] Peraturan Walikota Surabaya, "PERATURAN WALIKOTA SURABAYA NOMOR 55 TAHUN 2005 TENTANG TARIP AIR MINUM DAN STRUKTUR PEMAKAIAN AIR MINUM PERUSAHAAN DAERAH AIR MINUM KOTA SURABAYA". Indonesia, 2005.
- [8] Maria Christine Sutandi, "Air Tanah," *Fak. Tek. Jur. Tek. Sipil Univ. Kristen Maranatha Bandung*, vol. 4, no. 1, p. 1, 2012.
- [9] A. Prireza, "Wagub Riza Patria Minta Pemerataan Beban Fasilitas Kesehatan Rujukan Covid-19," *www.metro.tempo.co*, 2021. <https://metro.tempo.co/read/1420693/wagub-riza-patria-minta-pemerataan-beban-fasilitas-kesehatan-rujukan-covid-19/full&view=ok> (accessed Jan. 12, 2021).
- [10] A. Suharjo, 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. Vol.13, no. 1, pp. 7–12, 2015.
- [11] S. Hadi, "Sensor effect hall pada industri otomotif," no. December, 2020.
- [12] O. K. Sulaiman and A. Widarma, "Sistem Internet of Things (Iot) Berbasis Cloud Computing Dalam Campus Area Network," 2017, doi: 10.31227/osf.io/b6m79.
- [13] S. Maruf, "Pengertian Internet of Things (IOT)," *www.ugm.ac.id*, 2018. <https://otomasi.sv.ugm.ac.id/2018/06/02/pengertian-internet-of-things-iot/> (accessed Jan. 12, 2021).
- [14] A. Pasaribu, "Rancang Bangun Pengendali Peralatan Elektronik Rumah Tangga dari Jarak Jauh Menggunakan NodeMCU ESP8266," 2019, [Online]. Available: <http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/21096>.