

Rancang Bangun *Vending Machine* Air Minum Isi Ulang Berbasis *Internet of Things*

Luki Utomo¹, Joko Tri Susilo², Andrea Bakti Pribandono³

Program Studi Teknik Elektro,
Fakultas Teknik Elektro,
Universitas Pamulang

¹dosen00904@unpam.ac.id, ²dosen02659@unpam.ac.id, ³andrea4.bakti@gmail.com

Abstrak

Pencemaran sampah plastik merupakan masalah krisis di berbagai negara, seperti di Indonesia pencemaran sampah plastik di lingkungan sungai perlu diperhatikan. Karena sampah plastik berdampak pada kerusakan ekosistem, kerusakan habitat satwa air dan mengancam kesehatan masyarakat. Selain itu, partikel plastik dapat mencemari air dan mengganggu kualitas air bersih yang dibutuhkan masyarakat. Perancangan *vending machine* air minum isi ulang menggunakan *multi coin acceptor* sebagai pendekripsi uang koin, *water flow* YF-S201 sebagai penghitung jumlah debit air, analog TDS meter dan analog pH meter sebagai pengukur kualitas air minum, NodeMCU ESP32 sebagai pemroses data, komunikasi melalui internet dengan *platform* Google firebase sebagai penampil data *monitoring* secara *online* dan *platform* MIT APP Inventor sebagai penampil data pada aplikasi *smartphone*. Variabel data pengukuran yaitu: suhu air (°C), kadar pH air (pH), dan *Total Dissolved Solid* pada air (ppm). Hasil pengujian menunjukkan nilai akurasi rata-rata selisih jumlah air minum yang dihitung dengan sensor *water flow* YF-S201, pada kategori 250mL didapatkan rata-rata akurasi sebesar +0,107%, kategori 500mL didapatkan rata-rata akurasi sebesar -0,346%, dan kategori 1000mL didapatkan rata-rata akurasi sebesar -2,28%. Hasil pengukuran sistem *monitoring* kualitas air minum menggunakan sensor analog TDS meter V1 dan sensor pH meter PH-4502C, didapatkan hasil cukup akurat pada parameter TDS dan parameter pH dengan toleransi pengukuran $\pm 5\%$ yang dibandingkan pada alat *instrument* yang sudah terkalibrasi.

Kata kunci: Sampah Plastik, *Vending Machine*, *Water Flow* YF-S201, NodeMCU ESP32, *Monitoring*

Abstract

Plastic waste pollution is a crisis problem in various countries, such as in Indonesia, plastic waste pollution in river environments needs to be considered. Because plastic waste has an impact on ecosystem damage, damage to aquatic animal habitats and threatens public health. In addition, plastic particles can pollute water and disrupt the quality of clean water needed by the community. The design of a refill drinking water vending machine uses a multi coin acceptor as a coin detector, YF-S201 water flow as a water discharge counter, analog TDS meter and analog pH meter as a drinking water quality meter, NodeMCU ESP32 as a data processor, communication via the internet with the Google firebase platform as an online monitoring data display and the MIT APP Inventor platform as a data display on the smartphone application. The measurement data variables are: water temperature (°C), water pH level (pH), and *Total Dissolved Solid* in water (ppm). The test results show the average accuracy value of the difference in the amount of drinking water calculated with the YF-S201 water flow sensor, in the 250mL category, the average accuracy was +0.107%, the 500mL

category, the average accuracy was -0.346%, and the 1000mL category, the average accuracy was -2.28%. The results of measuring the drinking water quality monitoring system using the TDS meter V1 analog sensor and the PH-4502C pH meter sensor, obtained fairly accurate results on the TDS parameters and pH parameters with a measurement tolerance of $\pm 5\%$ compared to the calibrated instrument.

Keywords: Plastic Waste, Vending Machine, Water Flow YF-S201, NodeMCU ESP32, Monitoring

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi penggunaan *vending machine* berkembang pesat khususnya dalam transaksi penjualan sebuah produk secara otomatis, seperti makanan ataupun minuman siap saji dalam kemasan. Karena dianggap lebih praktis untuk memenuhi kebutuhan pokok masyarakat yang mudah didapatkan pada tempat-tempat umum seperti stasiun, tempat hiburan, dan tempat yang sering dikunjungi masyarakat. Dengan begitu proses jual-beli dapat lebih mudah dan tidak banyak menghabiskan waktu yang merupakan pertimbangan utama masyarakat dalam aktivitas sehari-hari. Teknologi pembayaran yang digunakan pada *vending machine* mengalami perkembangan dari menggunakan mata uang logam, uang kertas dan pada zaman sekarang sudah menggunakan pembayaran secara digital [1].

Masyarakat umum lebih memilih air minum dalam kemasan, karena mudah didapatkan pada toko-toko terdekat, dan praktis dalam segi penggunaannya. Karena air minum merupakan kebutuhan pokok manusia untuk mengatur metabolisme, membantu proses pencernaan dan mengatur keseimbangan tubuh. Tubuh manusia perlu minum air mineral sebanyak 1 hingga 2,5 liter per hari atau setara 6 hingga 8 gelas agar tubuh manusia tetap segera dan sehat [2]. Air minum berkualitas baik harus mengacu pada parameter fisika dan parameter kimia yang digunakan untuk menentukan kualitas air. Parameter fisika kualitas air antara lain kekeruhan, rasa, bau, dan suhu. Parameter kimia kualitas air antara lain pH (power of hydrogen), TDS (Total Dissolved Solid), dan DO (Dissolved Oxygen). Air minum yang telah melalui proses filterasi dan kualitas sudah teruji sesuai standar kelayakan air minum menjadi prioritas utama untuk dikonsumsi manusia, karena dapat meningkatkan kinerja organ tubuh dalam beraktivitas sehari-hari [3].

Kecenderungan masyarakat memilih air minum dalam kemasan menimbulkan dampak negatif, yaitu permasalahan timbunan sampah plastik terus meningkat dan pencemaran lingkungan di berbagai negara khususnya Indonesia. Menurut hasil survei dari Asosiasi Industri Plastik Indonesia (INAPLAS) dan Badan Pusat Statistik (BPS), bahwa Indonesia menjadi penyumbang sampah plastik terbesar kedua di dunia. Sampah plastik di Indonesia mencapai 64 juta ton/tahun, dengan 3,2 juta ton adalah sampah plastik yang tercemar ke laut dan kantong plastik tercemar di lingkungan masyarakat umum sebanyak 10 miliar lembar per tahun atau sebanyak 85.000 ton kantong plastik [4].

Upaya mengurangi dampak timbunan sampah plastik dari air minum kemasan yang telah menjadi permasalahan kritis di Indonesia, maka perlu dirancang sebuah alat *vending machine* yang dapat menyediakan kebutuhan air minum yang praktis, otomatis, ekonomis, dan ramah lingkungan. Dengan dikembangkan *vending machine* air minum akan memberikan kemudahan untuk mengisi ulang botol minum pribadi atau *tumbler*, serta mendorong orang membawa botol minum atau *tumbler* sendiri sehingga mengurangi penggunaan kemasan plastik air minum yang bersifat sekali pakai. Penelitian terkait *vending machine* air minum sudah pernah dilakukan sebelumnya oleh Simatupang, Prasetyo, Galina, dan

Suhartomo yang berjudul "Prototipe Mesin Penjual Air Mineral Otomatis Berbasis Arduino Mega 2560 dan RFID-RC522". Penelitian *vending machine* yang dibangun sebelumnya menggunakan *RFID Card* yang didekatkan pada modul *RFID Reader* sebagai metode pengaksesan atau pembayaran *vending machine* [5]. Dari penelitian sebelumnya telah dilakukan evaluasi dan pengembangan terkait pada sistem pembayaran menggunakan uang koin logam dengan modul *coin acceptor*, karena sistem pembayaran menggunakan *RFID Reader* kurang efektif untuk kalangan masyarakat umum.

2. Tinjauan Pustaka

Penggunaan *vending machine* pada masa pandemi *Covid-19* mengalami peningkatan, diperkirakan pada tahun 2020 terdapat sebanyak US \$134,4 Miliar di pasar global, sehingga di tahun 2027 kemungkinan akan mengalami peningkatan sebesar US \$146,6 Miliar dalam penggunaan *vending machine*. Karena dari beberapa pertimbangan dan manfaat penggunaan *vending machine* memberikan kemudahan dalam kegiatan transaksi jual beli seperti makanan, minuman, ataupun berbagai macam produk lainnya, serta memberikan pengalaman baru kepada konsumen dan meningkatkan perkembangan digitalisasi[6].

2.1. *Vending Machine*

Vending machine merupakan perangkat yang dapat melakukan transaksi penjualan produk secara otomatis serta praktis dengan cara memasukan sejumlah nominal uang ke sensor pendekripsi nominal uang kertas, koin, ataupun pada era digitalisasi sekarang ini menggunakan *E-Money*, konsumen memilih sebuah produk yang dijual dan mesin dapat merespon dengan mengeluarkan sebuah produk yang dipilih. Perkembangan penggunaan *vending machine* banyak manfaat untuk mempermudah transaksi jual dan beli sebuah produk secara otomatis, praktis, dan efisien tanpa harus dioperasikan oleh manusia secara langsung [6].



Gambar 1. *Vending machine*

Umumnya *vending machine* menggunakan *coin acceptor* merupakan perangkat sebagai pendekripsi koin logam berdasarkan diameter standar koin antara 10,8mm hingga 25,1mm. Ada 2 jenis *coin acceptor* yaitu *single coin* dan *multi coin*. *Single coin* memiliki kemampuan hanya untuk mendekripsi 1 (satu) jenis koin saja, sedangkan *multi coin* memiliki keunggulan mendekripsi hingga 6 (enam) jenis koin berbeda yang dijadikan referensi sebagai pembanding koin. Proses membandingkan antara koin referensi dan koin yang dimasukan, maka perangkat dapat mengambil keputusan untuk menerima koin atau menolak koin yang masuk [7].

2.2. Air Minum

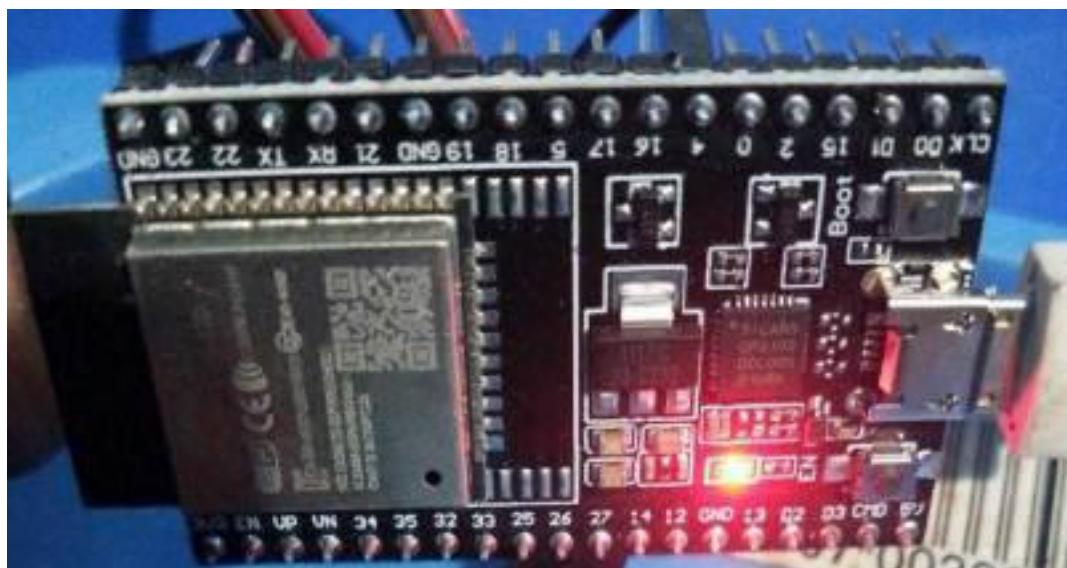
Air merupakan kebutuhan penting bagi kesehatan tubuh manusia, hampir 68% penyusun tubuh manusia adalah air. Air minum menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492 / Menkes / Per / IV / 2010 Dimana setiap komponen yang diizinkan dalam kandungannya harus memenuhi syarat standar air minum yang sehat yang mencakup persyaratan fisik, kimia dan biologis. Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) menjadi solusi alternatif bagi masyarakat dalam memenuhi kebutuhan air minum setiap hari, karena banyak ditemukan pada toko-toko terdekat yang telah dianggap praktis dan higienis [8].

Air yang memiliki nilai pH dibawah 7 bersifat asam dan pH diatas 7 bersifat basa. Menurut peraturan Menteri Kesehatan RI nomor 32 tahun 2017 air yang baik digunakan dalam memenuhi kebutuhan keseharian memiliki nilai pH 6,5 - 8,5 dan standar normal air minum adalah 7 bersifat netral. Alat standar yang digunakan untuk mengetahui nilai pH dapat menggunakan kertas laksus maupun pH meter digital [9][10].

Total Dissolved Solid (TDS) atau jumlah kepadatan terlarut adalah salah satu parameter air yang terdiri dari ion-ion atau senyawa-senyawa. Standar TDS air minum yang layak dikonsumsi adalah 50 - 150 ppm Untuk mengetahui nilai TDS dapat digunakan berbagai teknik pengukuran, alat standar yang digunakan adalah TDS meter. Prinsip kerja sensor TDS adalah menggunakan dua elektroda yang terpisah sebagai probe untuk mengukur nilai konduktivitas listrik dari suatu larutan. Sifat elektrolit atau kandungan partikel ion dari suatu larutan akan memengaruhi tingkat konduktivitas listrik [9][10].

2.3. Mikrokontroler NodeMCU Esp32

Mikrokontroler NodeMCU Esp32 merupakan modul untuk aplikasi seperti kontrol sistem, *monitoring*, dan lainnya. Keunggulan mikrokontroler NodeMCU Esp32 yaitu sistem berbiaya murah, memiliki fitur *bluetooth*, dan modul *WiFi* terintegrasi dengan *chip* mikrokontroler mendukung sistem IoT yang sangat dibutuhkan pada era industri 4.0 sekarang ini. Karena sangat menguntungkan dalam pertukaran informasi dan komunikasi dengan koneksi internet melalui berbagai platform atau aplikasi seperti: *ThingSpeak*, *Firebase*, *Blynk*, dan lainnya. Aplikasi merupakan penghubung langsung yang dapat mengakses, mengontrol dan dapat juga untuk memantau dari sistem IoT, dengan adanya aplikasi memudahkan pengguna untuk menganalisis dan mengvisualisasikan sistem IoT tersebut. Keunggulan memiliki mode ganda membuat NodeMCU Esp32 lebih praktis, cukup lengkap, mudah diprogram menggunakan bahasa C/C++ melalui Arduino IDE maupun *Python* dalam mengontrol dan memproses data dari beberapa sensor-sensor yang digunakan [11].



Gambar 2. Mikrokontroler NodeMCU Esp32

Sensor *water flow* yang berfungsi untuk menghitung jumlah debit cairan ataupun air mengalir dalam sebuah pipa dari suatu fluida, prinsip kerja sensor *water flow* adalah ketika aliran air melewati rotor air, maka magnetik rotor berputar, dan *hall effect* akan mengirimkan *pulse signal* ke sistem pengontrol [12].

Solenoid valve adalah katup yang digerakan oleh energi listrik melalui kumparan, berfungsi menggerakan piston yang digerakan oleh arus AC maupun DC. *Solenoid valve* merupakan perangkat kontrol yang sering digunakan pada sistem fluida, seperti: sistem pneumatik, sistem hidrolik, maupun sistem mesin yang menggunakan perangkat kontrol otomatis. *Solenoid valve* juga dapat diimplementasikan untuk pengisian tandon air sebagai pengatur pengisian air, sehingga tandon tidak sampai dalam keadaan kosong [13].

Relay digunakan dalam rangkaian elektronika sebagai pengatur sekaligus *interface* antara beban dan sistem kendali elektronik yang memiliki perbedaan sumber *power supply*. Bagian utama *relay* elektromagnet adalah sebuah kumparan elektromagnet saklar atau kontaktor *Swing Armatur Spring* (Pegas). *Relay* dapat digunakan untuk mengontrol motor AC dengan rangkaian kontrol DC atau beban lain, dengan perbedaan sumber tegangan, antara tegangan rangkaian kontrol dan tegangan beban [14].

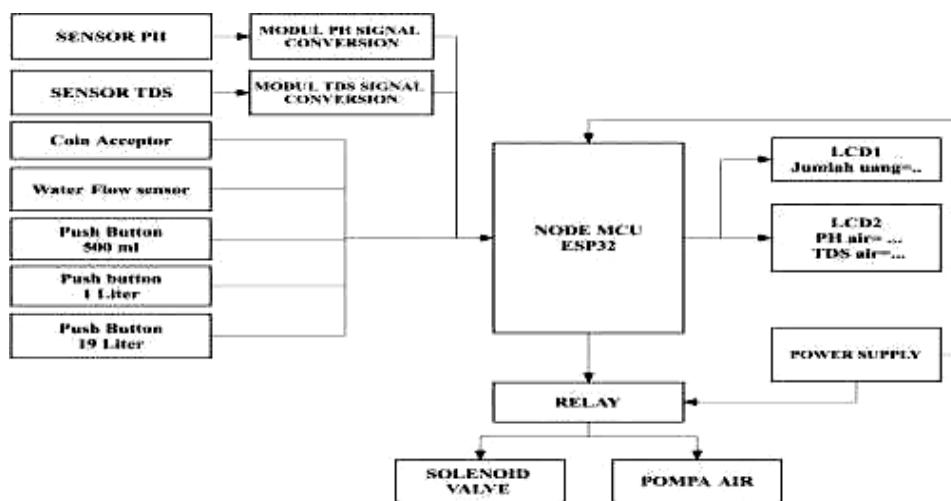
3. Metodologi Penelitian

Proses pembuatan rancang bangun *vending machine* air minum isi ulang berbasis IoT terdapat beberapa tahapan yang dapat dilihat pada Gambar 3 *Flowchart* penelitian.



Gambar 3. Flowchart penelitian

Perancangan *hardware* terdiri dari beberapa komponen pendukung dalam rancang bangun *vending machine* air minum isi ulang berbasis IoT, diantaranya *Coin Acceptor*, Pompa air, *Water flow sensor*, *Solenoid valve*, LCD, *Relay*, sensor analog pH meter, sensor analog TDS meter, dan NodeMCU ESP32. Untuk memudahkan perancangan, dibuat sebuah diagram blok yang dapat dilihat pada Gambar 4. Pada diagram blok perancangan menunjukkan perancangan sistem mulai dari *power supply* sebagai pemberi tegangan untuk mengaktifkan NodeMCU ESP32, *Coin Acceptor*, Pompa air, *Water flow sensor*, *Solenoid valve*, LCD, *Relay*, sensor analog pH meter, dan sensor analog TDS meter.



Gambar 4. Blok diagram perancangan alat

Gambar 4 merupakan perancangan sistem pada penelitian ini menggunakan NodeMCU ESP32 diprogram melalui aplikasi Arduino IDE. Komunikasi sistem *monitoring* berbasis IoT dengan data hasil *monitoring* kualitas air minum dikirimkan pada *platform* Google firebase dan diunduh oleh *platform* MIT APP Inventor. NodeMCU ESP32 digunakan untuk mengolah sensor-sensor, seperti: *Coin Acceptor*, *Water flow sensor*, sensor analog pH meter, dan sensor analog TDS meter yang akan melakukan pembacaan data. Mikrokontroler digunakan untuk memberikan perintah pada modul-modul komponen pendukung, seperti: *Relay*, *Solenoid valve*, dan *LCD* yang akan menjadi pengeksekusi dan penampil data sistem *monitoring* pada sistem kerja *vending machine* air minum isi ulang, serta hasil data *monitoring* dapat dipantau secara jarak jauh dengan menggunakan metode sistem komunikasi IoT.

4. Hasil dan Pembahasan

Perangkat keras *vending machine* air minum isi ulang berbasis IoT ditunjukkan pada Gambar 5, hasil pengujian perangkat *vending machine* air minum isi ulang berbasis IoT lebih berfokus pada sistem pengukuran jumlah debit air minum yang dikeluarkan *vending machine* yang memiliki 3 kategori pilihan, yaitu 250mL, 500mL, dan 1000mL. Pengujian sistem pengukuran debit air minum yang keluar menggunakan sensor *water flow* YF-S201, kemudian hasil pengukuran dibandingkan dengan gelas ukur dengan kapasitas maksimal 1000mL.



Gambar 5. Perangkat *vending machine* air minum isi ulang berbasis IoT

Hasil pengujian sistem *monitoring* kualitas air minum menggunakan sensor analog TDS meter, analog pH meter dan sensor suhu air minum. Data pengujian hasil pengukuran kualitas air minum dibandingkan dengan alat *instrument water treatment* yang sudah terkalibrasi, bertujuan untuk mendapatkan hasil yang optimal pada pengukuran kualitas air minum dari penelitian rancang bangun *vending machine* air minum isi ulang berbasis IoT.

4.1. Hasil Pengujian Sistem Pengukuran Debit Air Minum Pada *Vending Machine* Air Minum Isi Ulang

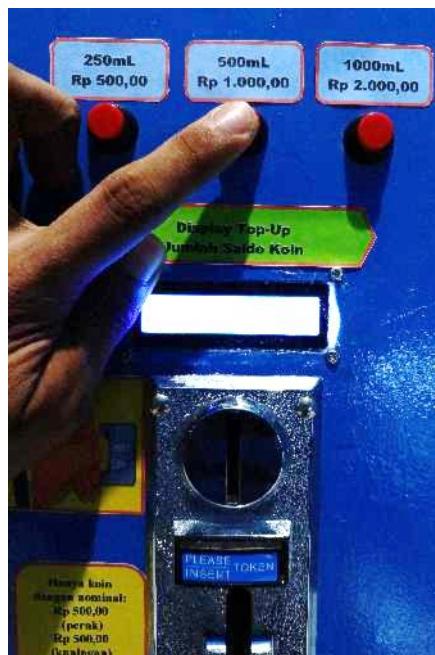
Pengujian sistem pengukuran debit air minum dilakukan dengan merangkai seluruh komponen dan modul, mencakup sensor *water flow*, *relay*, *solenoid valve*, dan modul pengolah data NodeMCU ESP32 yang sudah diprogram menggunakan aplikasi Arduino IDE melalui perangkat komputer. Dalam pengujian ini telah ditentukan kategori tombol pemilihan debit air minum, yaitu 250mL, 500mL, dan 1000mL.

Untuk menjalankan sistem *vending machine* air minum isi ulang yaitu melakukan pengisian saldo atau sering disebut *top-up*. Pengujian *top-up* saldo yang ditunjukkan pada Gambar 6 merupakan langkah pertama untuk menjalankan sistem *vending machine* air minum isi ulang, saat mata uang koin dimasukan akan divalidasi oleh sensor *multi coin acceptor* dan koin yang berhasil tervalidasi ditampilkan pada LCD 2x16 yang menampilkan jumlah saldo yang berhasil di *top-up* pada *vending machine* air minum isi ulang. Mata uang koin yang tervalidasi oleh *multi coin acceptor* adalah koin Rp500,00 (jenis kuningan dan aluminium) dan Rp1000,00 (jenis aluminium).



Gambar 6. Proses melakukan *top-up* saldo pada *vending machine* air minum isi ulang

Langkah kedua penggunaan *vending machine* air minum yaitu pemilihan jumlah debit air minum yang akan dibeli oleh konsumen yang ditunjukkan pada Gambar 7. Konsumen menekan tombol yang tersedia pada *vending machine*, kemudian sistem akan merespon pengisian air minum sesuai pilihan yang konsumen pilih dan tampilan jumlah nominal saldo pada LCD 2x16 akan berkurang sesuai harga yang sudah tertera pada label tombol pemilihan.



Gambar 7. Proses pemilihan debit air minum setelah melakukan *top-up* saldo

Proses pengujian pengisian air minum ditampilkan pada Gambar 8 dengan menggunakan gelas ukur kapasitas maksimal 1000mL, saat proses pengisian air minum terdapat indikator LED berwarna biru menyala yaitu menandakan proses pengisian sedang berlangsung, konsumen menunggu proses pengisian sampai indikator LED warna biru sudah padam menandakan proses pengisian air minum telah selesai dan konsumen dapat mengambil botol ataupun gelas yang digunakan sebagai tempat air minum oleh konsumen.



Gambar 8. Proses pengisian air minum

Pencatatan hasil pengukuran debit air minum dilakukan sebanyak 15 sampel percobaan pada masing-masing kategori pilihan dengan menggunakan gelas ukur kapasitas maksimal 1000mL yang ditunjukkan pada Gambar 9 dan waktu proses pengisian

air minum pada setiap kategori juga dicatat dengan menggunakan stopwatch. Ketiga kategori hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 1.

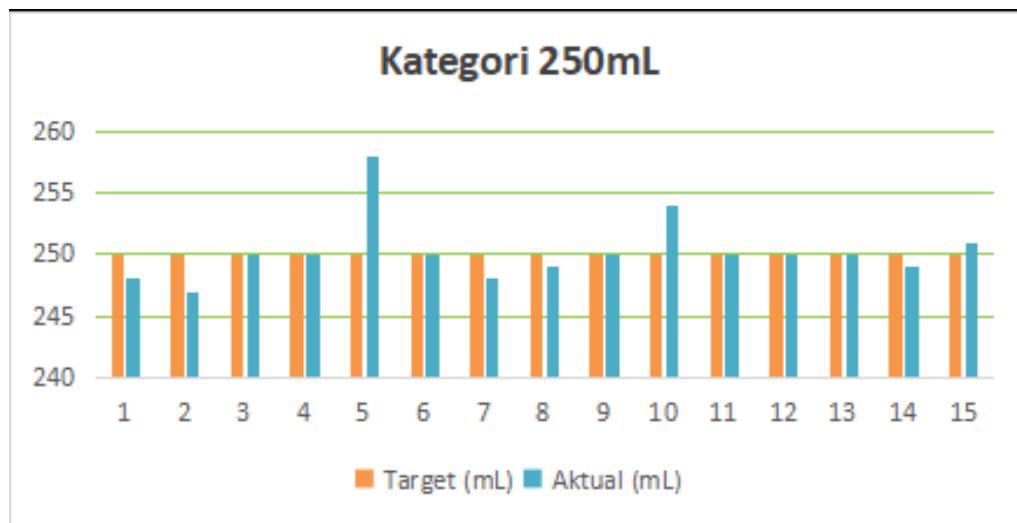


Gambar 9. Proses pengukuran debit air dan perhitungan waktu pengisian

Tabel 1. Hasil pengujian sistem pengukuran debit air minum

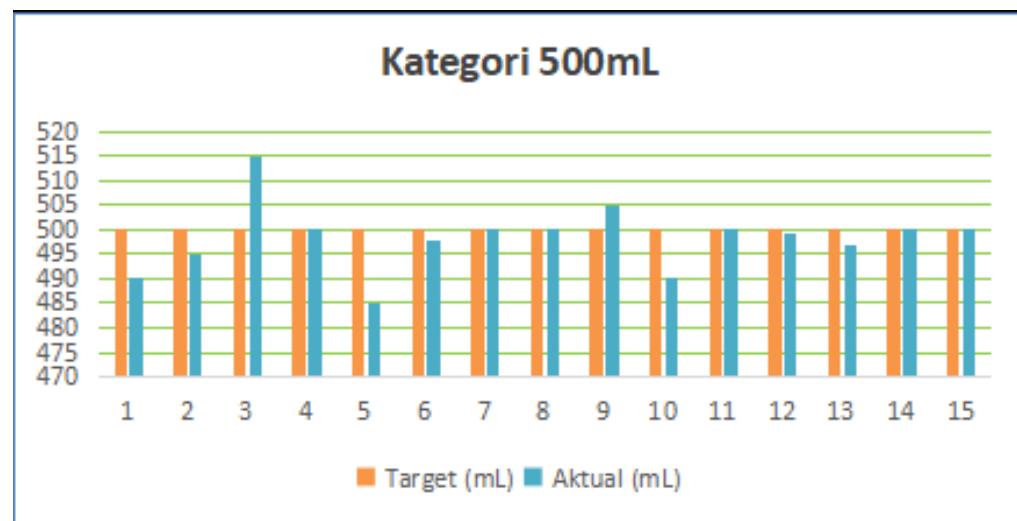
Kategori Pilihan Debit Air Minum Pada Vending Machine											
Kategori 250mL				Kategori 500mL				Kategori 1000mL			
Target (mL)	Aktual (mL)	Waktu (detik)	Error (%)	Target (mL)	Aktual (mL)	Waktu (detik)	Error (%)	Target (mL)	Aktual (mL)	Waktu (detik)	Error (%)
250	248	5,25	-0,8	500	490	7,55	-2	1000	975	13,22	-2,5
250	247	5,2	-1,2	500	495	7,76	-1	1000	990	13,41	-1
250	250	5,41	0	500	515	8,2	+3	1000	980	13,29	-2
250	250	5,32	0	500	500	7,87	0	1000	990	13,7	-1
250	258	6	+3,2	500	485	7,7	-3	1000	995	13,7	-0,5
250	250	5,88	0	500	498	7,77	-0,4	1000	950	12,87	-5
250	248	5,25	-0,8	500	500	7,96	0	1000	988	13,4	-1,2
250	249	5,42	-0,4	500	500	7,87	0	1000	985	13,4	-1,5
250	250	5,38	0	500	505	8,1	+1	1000	960	13,1	-4
250	254	5,65	+1,6	500	490	7,55	-2	1000	990	13,56	-1
250	250	5,4	0	500	500	7,83	0	1000	950	13	-5
250	250	5,43	0	500	499	7,88	-0,2	1000	970	13,18	-3
250	250	5,38	0	500	497	7,76	-0,6	1000	965	13,14	-3,5
250	249	5,27	-0,4	500	500	7,87	0	1000	990	13,5	-1
250	251	5,57	+0,4	500	500	7,94	0	1000	980	13,29	-2
Rata-rata akurasi	250,27	5,45	+ 0,107%	Rata-rata akurasi	498,27	7,84	-0,346%	Rata-rata akurasi	977,20	13,32	-2,28%

Setelah mendapatkan data hasil pengujian debit air minum dengan sistem pengukuran menggunakan sensor water flow YF-S201 dengan pengukuran hasil aktual menggunakan gelas ukur berkapasitas maksimal 1000mL, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10, Gambar 11, dan Gambar 12. Sampel pengujian dilakukan sebanyak 15 kali percobaan pada masing-masing kategori target pilihan debit air minum. Nilai Error akurasi rata-rata pengukuran debit air minum diperoleh pada setiap kategori, yaitu kategori: 250mL sebesar 0,107%, 500mL sebesar -0,346%, dan 1000ml sebesar -2,28%. Dengan nilai Error akurasi yang didapatkan dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa perancangan sistem pengukuran debit air minum dengan ketelitian toleransi yang telah ditetapkan $\pm 5\%$ dapat tercapai. Berikut ditampilkan hasil pengukuran dengan bentuk grafik pada Gambar 10, 11, dan 12.



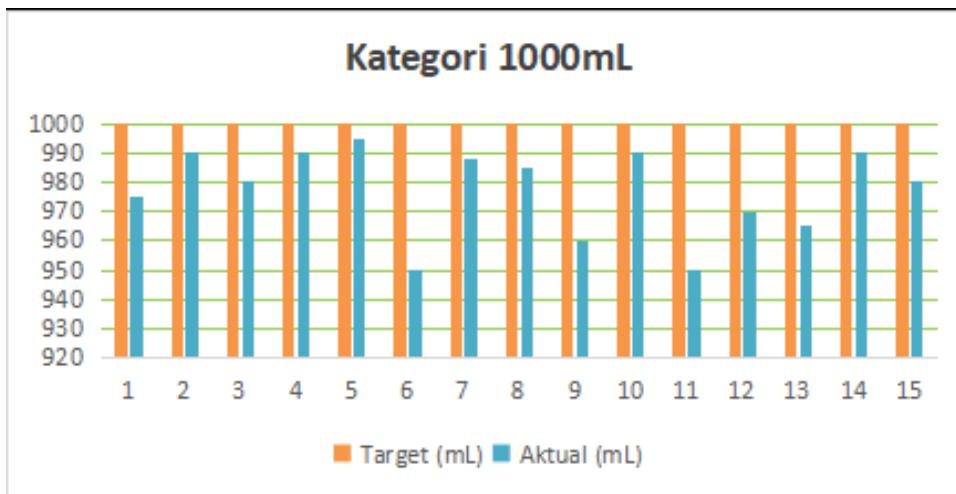
Gambar 10. Grafik pengukuran debit air minum kategori 250mL

Gambar 10 dalam pengujian ke-5 dan ke-10 pada kategori 250mL mengalami hasil pengukuran yang berlebihan dan berbeda jauh, karena terjadi kondisi air minum yang masih tersisa pada bagian pipa yang kontruksi pipa-nya mendatar dari *water flow* sensor menuju ke *solenoid valve* dan faktor pompa air yang digunakan memiliki tekanan pendorong air yang cukup besar, serta waktu pengisian pada kategori 250mL cukup singkat. Pada kondisi air minum yang tersisa pada pipa sudah terhitung oleh *water flow* sensor, tetapi sistem pengisian sudah memenuhi target dan *solenoid valve* menghentikan laju air minum yang melewati pipa tersebut, maka saat pengujian selanjutnya akan terjadi pengisian air minum dengan perhitungan dari 0 sampai 250mL. Karena ada air yang tersisa diantara kedua sensor tersebut, hasil akhir pengujian akan menjadi: target pemilihan air minum (250mL) + air yang terisia (mL) maka terjadi hasil selisih yang berlebih.



Gambar 11. Grafik pengukuran debit air minum kategori 500mL

Gambar 11 menunjukkan percobaan ke-3 mengalami selisih hasil yang berlebih dikarenakan faktor yang sama dengan analisa pada kategori 250mL, analisa kesalahan yang ditemukan adalah kontruksi pipa, pemasangan sensor dan tekanan pendorong pompa air yang digunakan cukup besar.

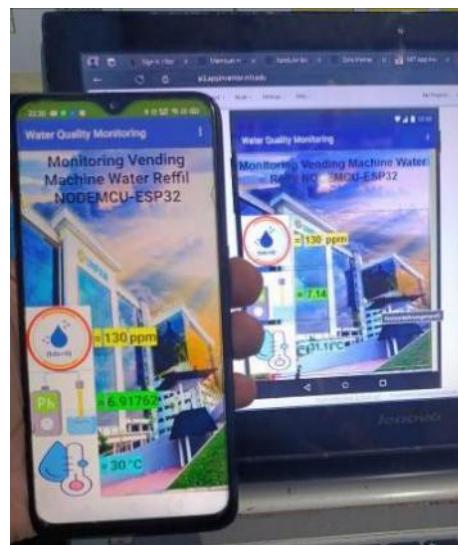


Gambar 12. Grafik pengukuran debit air minum kategori 1000mL

4.2. Hasil Pengujian Sistem Monitoring Kualitas Air Minum Pada Vending Machine Air Minum Isi Ulang

Pengujian sistem *monitoring* kualitas air minum dilakukan dengan merangkai seluruh modul sensor, mencakup sensor analog TDS meter V1, sensor analog pH meter modul PH-4502C, sensor suhu air DS18B20, LCD 20x4 untuk metode pemantauan offline yang ditunjukkan pada Gambar 13, dan aplikasi berbasis *smartphone* untuk pemantauan secara online. Tampilan aplikasi *monitoring* berbasis *smartphone* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14 dengan kombinasi 2 *platform*, yaitu Google firebase dan MIT APP Inventor. Batasan sistem *monitoring* hanya mencakup penampilan hasil pengukuran parameter standar kelayakan air minum, apabila pengukuran kualitas air minum tidak memenuhi standar sistem *vending machine* air minum isi ulang masih dapat beroperasi.

Gambar 13. Tampilan *monitoring* kualitas air minum secara offline dengan LCD 20x4



Gambar 14. Tampilan aplikasi *monitoring* kualitas air minum berbasis *smartphone*

Pengukuran kualitas air minum ini juga dibandingkan dengan alat *instrument water treatment* yang sudah dikalibrasi sebagai acuan pembanding hasil pengukuran alat yang dirancang dengan alat *instrument* yang sudah terkalibrasi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15 dan Gambar 16.



Gambar 15. Proses kalibrasi TDS meter dengan TDS meter pada laboratorium *water treatment*



Gambar 16. Proses kalibrasi pH meter dengan *Buffer Solution Powder*

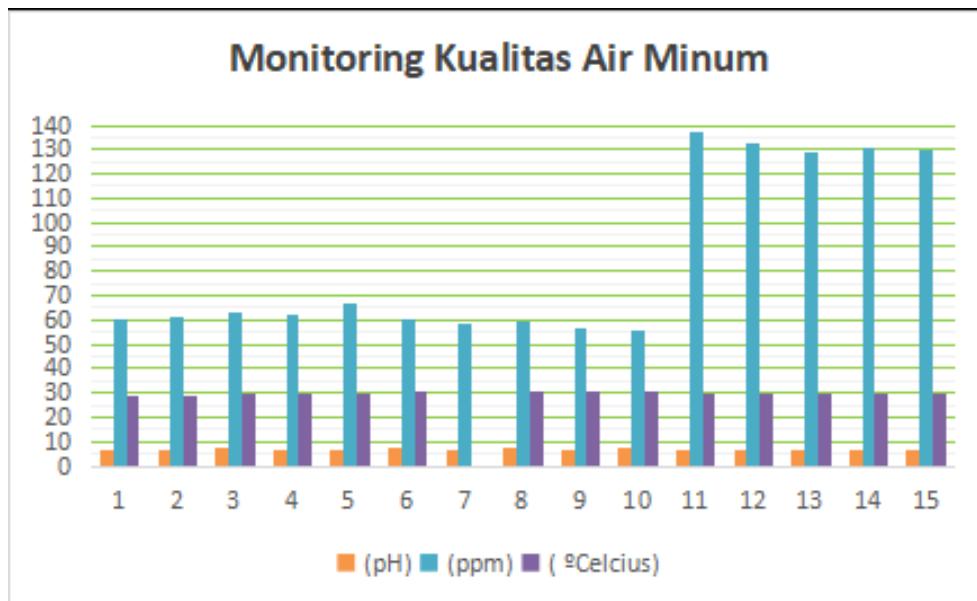
Pencatatan hasil pengukuran dengan durasi waktu pencatatan diambil setiap 1 jam yang bertujuan mendapat hasil pengukuran akurat karena parameter TDS (ppm) dipengaruhi juga oleh parameter suhu air (°C) dan dilakukan sebanyak 15 sampel percobaan, parameter yang dicatat pada sistem monitoring kualitas air meliputi: kadar pH air minum dengan satuan (pH), *Total Dissolved Solid* (TDS) air minum dengan satuan (ppm), dan suhu air dengan satuan derajat celcius (°C). Data hasil pengujian sistem *monitoring* kualitas air minum ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian sistem *monitoring* kualitas air minum pada *vending machine*

Percobaan Ke-	Parameter Kualitas Air Minum			
	pH (pH)	TDS (ppm)	Suhu (°Celsius)	Waktu (waktu / tanggal / bulan)
1	6,28	60	29,06	09.00 WIB / 30 / 06
2	6,46	61	29,16	10.00 WIB / 30 / 06
3	7,3	63	29,31	11.00 WIB / 30 / 06
4	6,35	62	29,56	12.00 WIB / 30 / 06
5	6,54	67	29,8	13.00 WIB / 30 / 06
6	7,17	60	30,6	14.00 WIB / 30 / 06
7	6,85	58	30,56	15.00 WIB / 30 / 06
8	7,06	59	30,56	16.00 WIB / 30 / 06
9	6,95	57	30,44	17.00 WIB / 30 / 06
10	7,37	56	30,4	18.00 WIB / 30 / 06
11	6,63	137	29,87	09.00 WIB / 01 / 07
12	6,63	133	29,75	10.00 WIB / 01 / 07
13	6,76	129	29,6	11.00 WIB / 01 / 07
14	6,45	131	29,69	12.00 WIB / 01 / 07
15	6,58	130	29,5	13.00 WIB / 01 / 07

Sampel percobaan ke-1 sampai 10 merupakan pengukuran air minum dengan sampel air mineral ternama yang sudah teruji dan dijual pada lingkungan masyarakat, dengan hasil pengujian air mineral telah dibandingkan dengan TDS meter yang sudah terkalibrasi sebagai acuan perbandingan hasil pengujian antara sensor yang digunakan dengan TDS meter yang terkalibrasi. Sampel percobaan ke-11 sampai 15 merupakan sampel air minum yang dijual pada Depot Air Minum (DAM) yang tersedia didekat rumah lokasi penelitian, dengan menggunakan sampel ini bertujuan apakah kualitas air minum yang dijual oleh pihak tersebut layak dan cukup baik untuk dikonsumsi masyarakat. Data hasil pengujian dalam bentuk grafik ditampilkan pada Gambar 16.

Dalam pengujian ke-11 sampai 15 pada Gambar 16 sampel air minum yang digunakan dari Depot Air Minum (DAM) terdekat mendapatkan hasil yang cukup berbeda dengan sampel air mineral ternama, dari nilai pH dan TDS mendapatkan hasil yang cukup berbeda. Faktor ketidak stabilan nilai TDS air minum (ppm) yang mengalami perubahan hasil pengujian dikarenakan faktor suhu air yang berbeda-beda saat dilakukan pengambilan data hasil pengukuran setiap 1 jam sekali.



Gambar 16. Grafik pengujian sistem *monitoring* kualitas air minum

5. Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan analisa dari sistem *vending machine* air minum isi ulang berbasis IoT berhasil dikembangkan dan diimplementasikan saat pengujian alat. Hasil pengukuran debit air minum menggunakan sensor *water flow* YF-S201 dengan ukuran 0,5 inch yang memiliki jangkauan perhitungan 1-30L/menit, ketepatan hasil pengukuran dibandingkan dengan gelas ukur dengan kapasitas maksimal 1000mL dan waktu pengisian diukur dengan *stopwatch* yang tersedia pada *smartphone* peneliti. Selanjutnya dari hasil pengujian didapatkan nilai maksimal ketidakpastian pada kategori 250mL nilai maksimal sebesar 258mL, kategori 500mL nilai maksimal sebesar 515mL, dan kategori 1000mL nilai maksimal sebesar 995mL Pengukuran kualitas air minum pada sistem *monitoring* kualitas air minum menggunakan sistem IoT dan berbasis aplikasi *smartphone* sebagai media hasil pemantauan, variabel parameter kualitas air yaitu: kadar pH air minum (pH), TDS air minum (ppm), dan suhu air minum (°C). Hasil pengukuran pada sistem monitoring kualitas sampel air minum dibandingkan dengan alat pengukuran kualitas air minum yang sudah terkalibrasi, sebagai acuan pembanding hasil pengukuran.

Perbedaan hasil pengukuran debit air minum dipengaruhi oleh faktor kontruksi pipa, peletakan *water flow* sensor, *solenoid valve*, dan pemilihan tekanan pompa air sebagai pendorong air minum dalam proses pengisian air minum perlu dipertimbangkan kembali untuk penelitian kedepannya, karena faktor ini akan menjadi sebuah kesalahan dalam pengukuran jumlah debit air minum yang terisi pada gelas maupun botol yang digunakan.

Daftar Pustaka

- [1] V. M. Alkausar and I. Husnaini, "Perancangan vending machine menggunakan uang kertas berbasis Arduino," *JTEIN Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 2, no. 2, pp. 142-147, Jul. 2021, doi: 10.24036/jtein.v2i2.139.

- [2] F. B. Setyawan and I. Sofyan, "Pentingnya Minum Air Putih bagi Kesehatan Siswa Sekolah Dasar," *Jurnal Basicedu*, vol. 8, no. 1, pp. 299–305, Januari 2024, doi: 10.31004/basicedu.v8i1.7081.
- [3] S. Tansa, N. Latekeng, R. Yunginger, and I. Z. Nasibu, "Monitoring kualitas air sungai (Kekaruan, suhu, TDS, PH) menggunakan mikrokontroler ATmega328," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 6, no. 1, pp. 70–75, Jan. 2024, doi: 10.37905/jjeee.v6i1.23315.
- [4] A. Priliantini, K. Krisyanti, and I. V. Situmeang, "Pengaruh Kampanye #PantangPlastik terhadap Sikap Ramah Lingkungan (Survei pada Pengikut Instagram @GreenpeaceID)" *Jurnal Komunika Jurnal Komunikasi Media Dan Informatika*, vol. 9, no. 1, p. 40, Jun. 2020, doi: 10.31504/komunika.v9i1.2387.
- [5] J. W. Simatupang, B. Prasetyo, M. Galina, and A. Suhartomo, "Prototipe Mesin Penjual Air Mineral Otomatis berbasis Arduino Mega 2560 dan RFID-RC522," *ELKOMIKA Jurnal Teknik Energi Elektrik Teknik Telekomunikasi & Teknik Elektronika*, vol. 10, no. 2, p. 484, Apr. 2022, doi: 10.26760/elkomika.v10i2.484.
- [6] M. Abdullah, W. Gata, J. L. Putra, H. B. Novitasari, and S. Rahayu, "Desain Vending Machine dengan Penerapan Finite State Automata Overview Methods," *Jurnal Algoritma*, vol. 19, no. 1, pp. 333–339, Jul. 2022, doi: 10.33364/algoritma/v.19-1.1099.
- [7] Rara, N., & Heri Suroyo, "Pemrograman Sensor Coin Acceptor Pada Pengembangan Coffe Vending Machine Berbasis Internet of Things (IoT)," *JUPITER: Jurnal Penelitian Ilmu Dan Teknologi Komputer*, vol. 15, no. 1b, pp. 355–364, 2023.
- [8] Ammu Anna Mathew, Anoop J R, S. Vivekanandan, "A Coin Acceptor - Mobile Battery Charging using Solar Panel," *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, vol. 9, no. 4, 2020. ISSN: 2249 – 8958.
- [9] R. Masriatini, M. Fatimura, and A. Jaya, "Analisa Kualitas Air Minum Isi Ulang dan kemasan di kelurahan Kenten Laut Kabupaten Banyuasin", *Redoks*, vol. 6, no. 1, pp. 66–71, Jun.2021.
- [10]L. Rozita Dewi, A. Haryoko, A. Nurlifa, and A. Rochmah, "Rancang Bangun Alat Monitoring TDS, Suhu Dan Ph Air Dengan Menggunakan Microcontroller Arduino Mega", *SAINTEK*, vol. 2, no. 1, pp. 570-576, Feb. 2023.
- [11]M. F. Zarkashie, "Rancang bangun sistem pengukuran kualitas air Untuk keperluan higiene sanitasi berbasis Arduino uno," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 2, no. 12, pp. 26, Mar. 2021.
- [12]Salsabila Alnitri A. dan Riki Mukhaiyar, "Pengujian Esp32-Cam Berbasis Mikrokontroler ESP32," *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, Vol. 4, No. 1, pp. 60 – 66, 2023
- [13]N. A. A. Rashad, N. Ulikaryani, N. B. A. Girawan, N. R. Ariawan, N. J. Sodikin, and N. H. D. Hastuti, "Uji Fungsi dan Kalibrasi Sensor Water Flow YF-S201 berbasis Arduino Uno pada Mesin Penjernih Air Sungai," *Jurnal Teknik Mesin Elektro Dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 2, pp. 1–9, Jul. 2023, doi: 10.55606/teknik.v3i2.1850.
- [14]M. V. A. Nalle, S. Achmadi, and A. Mahmudi, "Optimasi Alternatif Meteran Air berbasis IOT," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 5, no. 1, pp. 268–275, Feb. 2021, doi: 10.36040/jati.v5i1.3322.