

PERBANDINGAN AKURASI SENSOR FLOW METER DAN LOAD CELL PADA PROSES PENGISIAN BOTOL AIR

Afif Burhan Ardiansyah^{1*}, Iskandar Lutfi², A. Rahman³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwiaya, Jl Srijaya Negara Bukit Lama, Kec. Ilir Barat I, Kota Palembang, Sumatera Selatan, 30128

Keywords:

Sensor Flowmeter, Load Cell, ESP32, Pengisian Botol

Correspondent Email:

ardiansyahafifburhan@gmail.com

Abstrak. Akurasi dalam sistem pengisian cairan merupakan aspek krusial dalam berbagai industri seperti minuman dan farmasi. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan akurasi sensor flowmeter YF-S401 dan sensor load cell HX711 pada sistem pengisian botol berbasis mikrokontroler ESP32. Sistem dirancang untuk membaca volume cairan menggunakan dua metode, yaitu berbasis aliran dan berbasis berat, yang ditampilkan secara real-time pada LCD I2C. Pengujian dilakukan pada dua target volume, yaitu 500 mL dan 1000 mL, masing-masing sebanyak lima kali. Hasil menunjukkan bahwa sensor load cell memiliki akurasi lebih tinggi, dengan rata-rata error sebesar 2,92% pada 500 mL dan 1,85% pada 1000 mL. Sementara itu, sensor flowmeter mencatat error sebesar 35,49% dan 22,26%. Dengan demikian, sensor load cell lebih direkomendasikan untuk aplikasi pengisian cairan dengan kebutuhan akurasi tinggi, khususnya pada volume kecil.



Copyright © JPI (Jurnal Profesi Insinyur Universitas Lampung).

Abstract. Accuracy in liquid filling systems is a crucial aspect in various industries such as beverages and pharmaceuticals. This study aims to compare the accuracy of the YF-S401 flowmeter sensor and the HX711 load cell sensor in a bottle-filling system based on the ESP32 microcontroller. The system is designed to measure liquid volume using two methods: flow-based and weight-based, with real-time display via an I2C LCD. Testing was conducted with two target volumes—500 mL and 1000 mL each repeated five times. The results indicate that the load cell sensor achieved higher accuracy, with an average error of 2.92% at 500 mL and 1.85% at 1000 mL. In contrast, the flowmeter sensor recorded errors of 35.49% and 22.26%, respectively. Therefore, the load cell sensor is more recommended for liquid filling applications that require high accuracy, particularly at smaller volumes.

1. PENDAHULUAN

Pengisian cairan merupakan salah satu proses penting dalam industri makanan, minuman, hingga laboratorium, yang membutuhkan tingkat akurasi tinggi untuk menjamin konsistensi produk dan efisiensi produksi [1].

Sistem pengisian manual rentan terhadap kesalahan manusia, sehingga pengembangan

sistem otomatis berbasis mikrokontroler menjadi solusi yang relevan [2][3].

Dua jenis sensor yang sering digunakan dalam sistem pengisian adalah sensor flowmeter dan load cell. Sensor flowmeter, seperti YF-S401, bekerja berdasarkan efek Hall yang membaca jumlah putaran rotor akibat aliran air, dan mengubahnya menjadi pulsa yang dikonversi menjadi satuan volume [4].

Sensor ini banyak dipilih karena mudah diintegrasikan ke sistem berbasis Arduino atau ESP32, serta memiliki harga yang terjangkau [5].

Namun, flowmeter memiliki keterbatasan, terutama dalam kondisi aliran yang tidak stabil. Pembacaan volume bisa berlebih akibat lonjakan awal aliran atau keterlambatan penghentian pompa [6]. Sebagai alternatif, load cell digunakan untuk mengukur berat cairan yang masuk ke dalam botol. Dengan menggunakan modul HX711, sinyal dari load cell diperkuat dan dibaca secara digital oleh mikrokontroler [7].

Load cell memiliki keunggulan karena pengukurannya tidak dipengaruhi oleh variasi aliran, melainkan secara langsung berdasarkan massa cairan. Dengan asumsi massa jenis air sebesar 1 g/mL, berat dapat diasumsikan sama dengan volume [8]. Sistem pengisian yang menggunakan load cell umumnya lebih akurat dalam volume kecil, terutama jika sistem bebas dari gangguan mekanis dan getaran [9].

Penelitian oleh Sihotang dan Maulana [10] menunjukkan bahwa sistem pengisian air menggunakan sensor proximity dan flowmeter memiliki rata-rata error 0,9%, masih dalam batas toleransi datasheet flowmeter $\pm 5\%$. Di sisi lain, Setiawan dan Rijanto [11] melaporkan bahwa sistem pengisian berbasis load cell mencatat akurasi hingga 99,3%, dengan error hanya 0,7%.

Meskipun keduanya umum digunakan, perbandingan langsung antara sensor flowmeter YF-S401 dan load cell HX711 dalam satu sistem pengisian belum banyak dilakukan, terutama pada volume kecil seperti 500 mL hingga 1000 mL. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan akurasi kedua sensor tersebut dalam satu sistem berbasis ESP32, guna memberikan referensi yang akurat dalam pemilihan sensor pengisian cairan..

2. TINJAUAN PUSTAKA

Flowmeter tipe YF-S401 bekerja berdasarkan efek Hall, yang mendeteksi jumlah putaran rotor akibat aliran air. Setiap putaran menghasilkan pulsa yang dapat dikonversi menjadi satuan volume oleh mikrokontroler. Sensor ini banyak digunakan dalam sistem pengisian air karena desainnya yang sederhana dan responsif terhadap laju aliran [12].

Load cell merupakan sensor gaya yang mengubah tekanan menjadi sinyal listrik. Untuk mendapatkan pembacaan digital, digunakan modul HX711 sebagai penguat dan konverter sinyal. Kombinasi ini sering digunakan untuk sistem timbang digital karena akurasinya yang tinggi [13][14].

ESP32 adalah mikrokontroler 32-bit dengan fitur Wi-Fi dan Bluetooth yang mendukung berbagai komunikasi data. Kemampuannya dalam menangani banyak sensor dan output secara bersamaan membuatnya ideal untuk sistem otomatisasi seperti pengisian cairan [15].

LCD I2C berfungsi menampilkan hasil pembacaan sensor ke pengguna secara real-time. Modul ini memiliki antarmuka komunikasi dua kabel (SDA dan SCL), yang menghemat penggunaan pin pada mikrokontroler [4].

Pompa air DC pada sistem pengisian dikendalikan oleh mikrokontroler melalui modul relay. Relay berfungsi sebagai saklar yang memungkinkan mikrokontroler mengatur perangkat dengan arus besar seperti motor pompa [16].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Sistem

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan komparatif, yang bertujuan untuk membandingkan tingkat akurasi antara dua jenis sensor, yaitu flowmeter YF-S401 dan load cell yang dikombinasikan dengan modul HX711, dalam proses pengisian botol air. Rangkaian pengujian dibangun dalam satu sistem terpadu yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali.

Sensor flowmeter YF-S401 dipasang pada jalur aliran untuk mengukur volume air berdasarkan jumlah pulsa yang dihasilkan oleh perputaran rotor akibat aliran cairan. Di sisi lain, sensor load cell diletakkan di bawah botol untuk mengukur berat air yang masuk selama proses berlangsung. Kedua sensor ini bekerja secara simultan dalam satu siklus pengisian, dengan data yang terbaca diproses oleh ESP32 dan ditampilkan secara real-time melalui modul LCD I2C 16x2 serta dicetak melalui Serial Monitor.

Air dialirkan ke dalam botol menggunakan pompa air DC 12V yang dikendalikan oleh

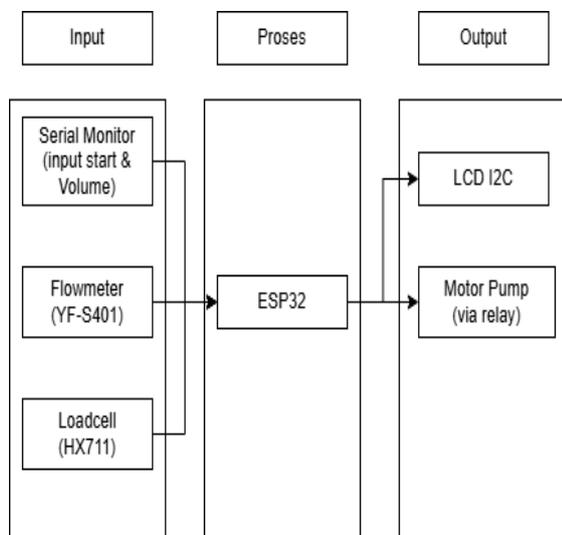
ESP32 melalui modul relay. Pompa akan menyala ketika proses dimulai dan akan otomatis berhenti apabila salah satu sensor telah mencapai nilai target yang telah ditetapkan sebelumnya. Misalnya, jika target volume pengisian adalah 500 mL, maka dengan asumsi massa jenis air sebesar 1 g/mL, target berat ekuivalennya adalah 500 gram.

Untuk mengevaluasi performa masing-masing sensor, pengujian dilakukan sebanyak lima kali pada dua skenario target volume, yaitu 500 mL dan 1000 mL. Setiap hasil pembacaan dari sensor flowmeter dan load cell dibandingkan dengan volume aktual yang diukur menggunakan gelas ukur sebagai acuan. Tingkat akurasi dari masing-masing sensor dianalisis menggunakan persentase error absolut, yang dihitung dengan rumus:

$$\%Error = \frac{\text{nilai Sensor} - \text{nilai Aktual}}{\text{Nilai Aktual}} \times 100\%$$

3.2 Block Diagram

Block diagram menggambarkan alur sistem mulai dari input, proses, hingga output.

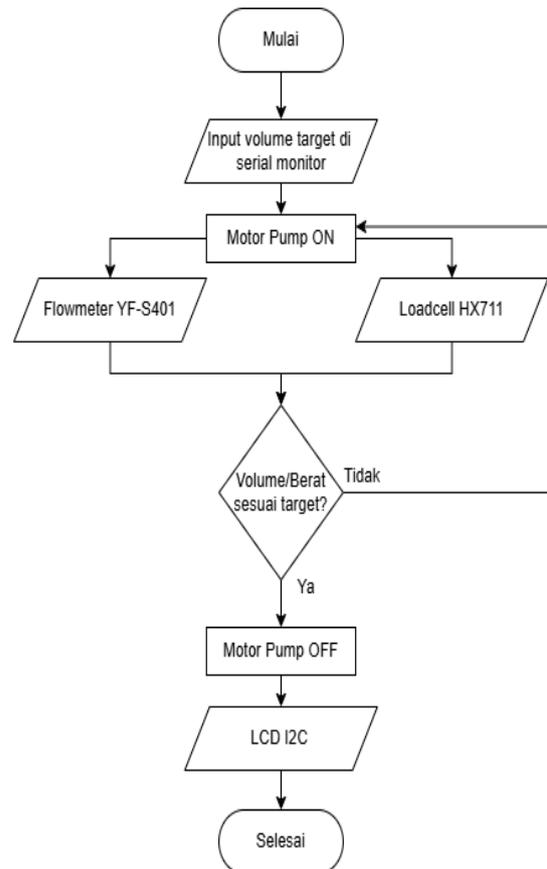


Input sistem terdiri dari tiga komponen utama, yaitu: Serial Monitor untuk memasukkan volume target, Flowmeter YF-S401 untuk mengukur aliran air, dan Loadcell HX711 untuk mengukur berat cairan. Seluruh input diproses oleh mikrokontroler ESP32, yang kemudian mengendalikan dua output utama: LCD I2C untuk menampilkan informasi dan Motor Pump melalui relay untuk mengalirkan air. Sistem akan berhenti bekerja

secara otomatis setelah volume atau berat mencapai target.

3.3 Flowchart

flowchart atau alur dari sistem yang akan dibuat.



Proses dimulai dengan memasukkan target volume melalui Serial Monitor. Setelah itu, Motor Pump menyala dan sistem mulai memantau data dari Flowmeter dan Loadcell secara bersamaan. Jika volume atau berat belum sesuai target maka motor akan tetap menyala, dan Jika volume atau berat telah mencapai nilai target, maka Motor Pump dimatikan, dan data ditampilkan melalui LCD I2C. Setelah itu, proses selesai.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengukuran Sensor

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja pembacaan sensor flowmeter dan load cell dalam sistem pengisian botol air berbasis ESP32. Dua target pengisian digunakan, yaitu

500 mL dan 1000 mL. Hasil pembacaan sensor dicatat melalui Serial Monitor dan ditampilkan secara real-time pada LCD I2C, guna memastikan keterbacaan selama proses berlangsung. Setiap pengujian dilakukan sebanyak lima kali, dan hasil dibandingkan dengan volume aktual yang diukur menggunakan gelas ukur sebagai acuan.

Data pembacaan sensor dicatat melalui Serial Monitor dan ditampilkan secara real-time pada LCD I2C. Sensor flowmeter membaca jumlah pulsa berdasarkan aliran air yang melewati rotor, sementara sensor load cell mengukur berat air yang ditampung dalam botol. Nilai load cell diinterpretasikan sebagai gram, dengan asumsi massa jenis air adalah 1 g/mL, dengan perbandingan 1 mL ekuivalen dengan 1 gram.

Tabel1. Hasil Pengujian Sensor pada Target 500ml

No.	Nilai Aktual (ml)	Loadcell (g)	Flowmeter (ml)
1	310	305	510
2	390	370	500
3	490	485	500
4	370	350	510
5	350	345	500

Tabel2. Hasil Pengujian Sensor pada Target 1000ml

No.	Nilai Aktual (ml)	Loadcell (g)	Flowmeter (ml)
1	810	830	1000
2	990	980	1000
3	900	895	1000
4	830	825	1020
5	650	620	1000

4.2 Analisis Tingkat Akurasi

Untuk menilai kinerja masing-masing sensor, dilakukan perhitungan tingkat kesalahan (error) terhadap nilai aktual. Error dihitung menggunakan rumus persentase error absolut.

$$\%Error = \frac{\text{nilai Sensor} - \text{nilai Aktual}}{\text{Nilai Aktual}} \times 100\%$$

Tabel 3. Error Sensor pada Target 500 mL

	Nilai Aktual (ml)	Loadcell (g)	Error LC (%)	Flow meter (ml)	Error FM (%)
1	310	305	1.61	510	64.52
2	390	370	5.13	500	28.21
3	490	485	1.02	500	2.04
4	370	350	5.41	510	37.84
5	350	345	1.43	500	42.86
Rata-rata Error (%)			2.92	-	35.49

Tabel 4. Error Sensor pada Target 1000 mL

	Nilai Aktual (ml)	Load cell (g)	Error LC (%)	Flow meter (ml)	Error FM (%)
1	810	830	2.47	1000	23.46
2	990	980	1.01	1000	1.01
3	900	895	0.56	1000	11.11
4	830	825	0.60	1020	22.89
5	650	620	4.62	1000	53.85
Rata-rata Error (%)			1.85	-	22.26

Tabel menunjukkan bahwa error sensor flowmeter secara konsisten lebih tinggi dibandingkan load cell pada kedua target volume.

4.3 Pembahasan Hasil Pembacaan Sensor

Hasil pengujian menunjukkan bahwa load cell memiliki akurasi lebih tinggi dan stabil dibandingkan flowmeter YF-S401, terutama pada pengisian volume kecil. Pada target 500 mL, rata-rata error load cell hanya 2,92%, sedangkan flowmeter mencapai 35,49%. Untuk target 1000 mL, error load cell sebesar 1,85%, sementara flowmeter tetap tinggi di 22,26%.

Performa inferior flowmeter disebabkan oleh ketergantungannya pada kestabilan aliran. Beberapa penyebab utama tingginya error antara lain: lonjakan aliran di awal, debit tidak konstan, keterlambatan penghentian pompa, kalibrasi tidak tepat, dan posisi sensor yang kurang ideal. Hal ini menyebabkan pembacaan volume cenderung melebihi nilai aktual. Sebaliknya, load cell memberikan hasil yang lebih mendekati nilai referensi karena mengukur massa secara langsung tanpa dipengaruhi dinamika aliran. Hasil ini mendukung temuan Setiawan [], serta berbeda dengan penelitian Sihotang [] yang melaporkan

error flowmeter hanya 0,9% karena menggunakan aliran yang lebih stabil. Dengan demikian, sensor load cell lebih cocok untuk sistem pengisian presisi, sedangkan flowmeter memerlukan dukungan pengendalian aliran agar akurasi dapat ditingkatkan.

5. KESIMPULAN

Setelah melakukan percobaan pada sistem ini, maka dapat di ambil kesimpulan yaitu:

- a. Berdasarkan hasil pengujian, sensor load cell menunjukkan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan flowmeter. Pada target 500 mL, load cell mencatat rata-rata error sebesar 2,92%, sedangkan flowmeter sebesar 35,49%. Untuk target 1000 mL, load cell memiliki error 1,85% dan flowmeter 22,26%. Hal ini menunjukkan bahwa load cell lebih stabil dan andal dalam pengukuran, terutama pada volume kecil.
- b. Kinerja sensor load cell yang lebih baik disebabkan oleh kemampuannya dalam mengukur massa secara langsung, sehingga tidak terpengaruh oleh fluktuasi debit aliran. Sebaliknya, akurasi flowmeter cenderung menurun karena sangat bergantung pada kestabilan aliran, Faktor teknis seperti lonjakan aliran pada awal pengisian dan keterlambatan penghentian pompa juga menyebabkan pembacaan pulsa berlebih pada flowmeter.
- c. Dengan hasil tersebut, sensor load cell lebih direkomendasikan untuk sistem pengisian botol air yang memerlukan akurasi tinggi, khususnya pada volume kecil. Sensor flowmeter tetap dapat digunakan dengan catatan harus disertai kontrol aliran tambahan agar pembacaannya menjadi lebih presisi

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Arfandi, Y. Supit, S. Catur, and S. Kendari, "Prototipe Sistem Otomasi Pada

- Pengisian Depot Air Minum Isi Ulang Berbasis Arduino Uno," vol. 4, no. 1, 2019, [Online]. Available: www.palmar.co.ke
- [2] R. D. J. Kartika Sari, Y. C. Arief, and S. Suryono, "Rancang Bangun Elektronik Motor Relay sebagai Proteksi Berbagai Gangguan Motor Listrik," *JASIEK (Jurnal Aplikasi Sains, Informasi, Elektronika dan Komputer)*, vol. 4, no. 2, pp. 67–78, Dec. 2022, doi: 10.26905/jasiek.v4i2.8921.
- [3] G. Supriyanto, A. Kumara Jurusan Teknik Pertanian, F. Teknologi Pertanian, and I. Pertanian Stiper Yogyakarta Jl, "Rancang Bangun Timbangan Menggunakan Sensor Load Cell dan Mikrokontroler Berbasis Internet of Things (IoT)," *AE InnovationJournal*, vol. 2, 2024, doi: 10.55180/aei.v2i1.1024.
- [4] H. Fair and B. Mulyati, "Rancang Bangun Alat Pengukur Kecepatan Aliran Air Menggunakan Water Flow Sensor Berbasis Arduino Uno," *Formateks*, vol. 2, 2023.
- [5] M. Nizam, H. Yuana, and Z. Wulansari, "Mikrokontroler ESP 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis WEB," 2022.
- [6] D. Alfarizky Ilham, A. Hamid Al-Azhari, D. Djuniadi, T. Elektro Universitas Negeri Semarang, and S. Jl Sekaran Raya Sekaran, "Rancang Bangun Sistem Transfer Liquid Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor YF-S401," 2024.
- [7] I. P. Mariawan, I. Z. Nasibu, A. Yunus Dako, Z. Bonok, W. Musa, and S. Abdussamad, "AUTOMATIC INFUSION PUMP ADJUSTMENT SYSTEM USING ESP32 S3," *Integrative Perspectives of Social and Science Journal*, vol. 2, no. 1, p. 889, 2025.
- [8] U. Achlison and B. Suhartono, "Analisis Hasil Ukur Sensor Load Cell untuk Penimbang Berat Beras, Paket dan Buah berbasis Arduino," vol. 13, no. 1, pp. 96–101, 2020, [Online]. Available: <http://journal.stekom.ac.id/index.php/e-bisnis/page96>
- [9] I. Suhendra and W. S. Pambudi, "APLIKASI LOAD CELL UNTUK OTOMASI PADA DEPOT AIR MINUM ISI ULANG," 2015. [Online]. Available: <http://imall.iteadstudio.com/hx711-dual->
- [10] R. F. Sihotang, "RANCANG BANGUN SISTEM PENGISIAN AIR GALON OTOMATIS MENGGUNAKAN SENSOR PROXIMITY DAN FLOWMETER BERBASIS ARDUINO UNO," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*,

- vol. 12, no. 3S1, Oct. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3S1.5115.
- [11] H. A. Setiawan and T. Rijanto, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Pengisian Air Minum Dalam Kemasan Menggunakan Arduino Uno Dengan Sensor Load Cell," 2019. [Online]. Available: www.labelektronika.com
- [12] M. Reza, A. Suhendi, and C. Saputra, "Sistem Pengukuran dan Pengontrolan Aliran Gas," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 10, 2023.
- [13] A. Saptaji and E. Damayanti, "Penerapan Load Cell Pada Mesin Penggoreng Kerupuk Otomatis Berbasis Arduino Uno & PLC," 2024.
- [14] H. A. Setiawan and T. Rijanto, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Pengisian Air Minum Dalam Kemasan Menggunakan Arduino Uno Dengan Sensor Load Cell," 2019. [Online]. Available: www.labelektronika.com
- [15] S. Sadi, S. Mulyati, M. C. Maisandi,) Jurusan, and T. Elektro, "Rancang Bangun Alat Pengisian Air Botol Minuman Berbasis IoT Menggunakan NodeMCU ESP32 Dengan Firebase Google Design Build A Bottled Water Filling Tool Based On IoT Using NodeMCU ESP32 With Google Firebase."
- [16] R. D. J. Kartika Sari, Y. C. Arief, and S. Suryono, "Rancang Bangun Elektronik Motor Relay sebagai Proteksi Berbagai Gangguan Motor Listrik," *JASIEK (Jurnal Aplikasi Sains, Informasi, Elektronika dan Komputer)*, vol. 4, no. 2, pp. 67–78, Dec. 2022, doi: 10.26905/jasiek.v4i2.8921.