P-ISSN: 2716-2656, E-ISSN: 2985-9638
JOURNAL MARINE INSIDE
VOLUME 8, ISSUE 2, DECEMBER 2026
https://ejournal.poltekpel-banten.ac.id/index.php/ejmi/

JENIS ARTIKEL: ARTIKEL PENELITIAN

Rancang bangun dan uji kinerja sistem water level dan flow sensor berbasis Arduino untuk praktikum laboratorium fisika

Ian Mochamad Sofian[1*], Indah Purnaningratri[1], Yosi Apriani[2], Zainal Arifin[1], Abdu Rohim Ilham Dalimunthe[1]

[1]*Politeknik Pelayaran Banten*
[2]*Universitas Muhammadiyah Tangerang*
E-mail koresponden: *ianms@poltekpel-banten.ac.id

ABSTRAK

Praktikum fisika fluida di banyak laboratorium pendidikan masih bergantung pada pengukuran manual sehingga kurang mengenalkan mahasiswa pada instrumentasi berbasis sensor. Penelitian ini bertujuan merancang, membangun, dan menguji kinerja sistem pengukuran water level dan debit aliran berbasis Arduino Uno sebagai alat praktikum. Sistem menggunakan sensor ultrasonik tahan air JSN-SR04T untuk mengukur ketinggian air, flow sensor YF-S201 untuk mengukur debit, dan LCD I2C 16×2 sebagai penampil. Penelitian ini merupakan penelitian rekayasa dengan pendekatan eksperimental kuantitatif. Setiap sensor diuji sepuluh kali dan hasilnya dibandingkan dengan mistar, gelas ukur, dan stopwatch melalui perhitungan error dan persentase kesalahan. Hasil menunjukkan bahwa JSN-SR04T mengukur jarak 30–75 cm dengan rata-rata error 0,71 cm (1,37%) dan respons linear (R^2 = 0,9999), sedangkan YF-S201 menghasilkan rata-rata error 2,66% pada debit acuan 1,92–2,08 L/menit. Galat kedua sensor bersifat sistematis sehingga dapat dikurangi melalui kompensasi suhu dan kalibrasi konstanta pulsa. Kedua galat rata-rata berada di bawah kriteria evaluasi 5% yang digunakan peneliti; hasil terbatas pada rentang pengujian dan belum menunjukkan efektivitas pembelajaran.

Kata Kunci: Arduino, flow sensor, JSN-SR04T, praktikum fisika, water level.

ABSTRACT

Fluid physics practicums in many educational laboratories still rely on manual measurements, which gives students limited exposure to sensor-based instrumentation. This study aims to design, build, and evaluate an Arduino Uno-based water level and flow rate measurement system as a practicum tool. The system uses a JSN-SR04T waterproof ultrasonic sensor to measure water level, a YF-S201 flow sensor to measure flow rate, and a 16×2 I2C LCD as the display. The research is an engineering study with a quantitative experimental approach. Each sensor was tested ten times and compared with a ruler, a measuring cylinder, and a stopwatch using error and percentage error calculations. The JSN-SR04T measured distances of 30–75 cm with a mean error of 0.71 cm (1.37%) and a linear response (R^2 = 0.9999), while the YF-S201 showed a mean error of 2.66% over reference flow rates of 1.92–2.08 L/min. The errors of both sensors are systematic and can be reduced through temperature compensation and calibration of the pulse constant. Both mean errors were below the study's 5% evaluation criterion within the tested ranges; learning effectiveness was not assessed.

Keywords: *Arduino, flow sensor, JSN-SR04T, physics practicum, water level.*

INFORMASI ARTIKEL

Diterima	Direvisi	Disetujui	Diterbitkan
7 November 2026	20 November 2026	25 November 2026	26 Desember 2026

DOI: https://doi.org/10.62391/ejmi.v8i2.314

Cara Mengutip: Ian Mochamad Sofian, Indah Purnaningratri, Yosi Apriani, Zainal Arifin, Abdu Rohim Ilham Dalimunthe, "Rancang bangun dan uji kinerja sistem water level dan flow sensor berbasis Arduino untuk praktikum laboratorium fisika," Journal Marine Inside, vol. 8, no. 2, pp. 375–383, 2026, doi: https://doi.org/10.62391/ejmi.v8i2.314.

AKSES TERBUKA, HAK CIPTA, DAN LISENSI
Hak cipta tetap pada penulis, dengan memberikan hak publikasi pertama kepada Journal Marine Inside. Artikel menggunakan lisensi Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0) sesuai perjanjian publikasi jurnal.

PENDAHULUAN

Praktikum fisika berfungsi sebagai sarana pembelajaran eksperiensial yang membantu mahasiswa memahami konsep abstrak melalui pengukuran yang akurat dan sistematis. Dalam fisika fluida, ketinggian air (*water level*) dan laju aliran (*flow rate*) adalah parameter fundamental yang banyak digunakan pada sistem teknik, industri, dan pemantauan fluida. Sensor digital dan mikrokontroler mampu menyediakan data *real-time* dengan presisi yang baik [1], [2], dan sensor berbiaya rendah yang terkalibrasi semakin banyak dipakai di laboratorium pendidikan [3], [4]. Namun, banyak laboratorium masih mengukur ketinggian air dan debit secara manual dengan mistar serta pengukuran volume terhadap waktu, yang terbatas dari sisi ketelitian dan efisiensi [5]. Alat peraga berbasis mikrokontroler pun masih cenderung bersifat demonstratif dan belum menjadi media praktikum yang sistematis [6].

Berbagai penelitian telah mengkaji sensor untuk pengukuran fluida. Djalilov [7] menjelaskan bahwa laju aliran dapat diukur dengan sensor mekanik maupun elektronik dengan akurasi yang berbeda. *Flow sensor* YF-S201 dilaporkan cukup akurat untuk skala kecil dan pendidikan setelah dikalibrasi [8], [9], sedangkan sensor ultrasonik efektif mengukur ketinggian air secara non-kontak [1], [4]. Pereira dkk. [10] membandingkan sensor ultrasonik berbasis Arduino dengan pembacaan mistar dan memperoleh kesalahan relatif di bawah 5%, sementara Khatatbeh dan Kim [11] melaporkan bahwa sensor berbiaya rendah, termasuk YF-S201, memberikan data akurat dengan galat di bawah 5% pada kondisi laboratorium. Meski demikian, penelitian umumnya berfokus pada pemantauan atau kendali, dan alat peraga berbasis Arduino untuk praktikum fluida belum banyak dikaji secara terpadu bersama uji kinerjanya [6], [12].

Penelitian ini memilih sensor ultrasonik JSN-SR04T karena probenya tertutup dan tahan air sehingga cocok dipasang di atas bak yang lembap. Tujuan penelitian adalah merancang dan membangun sistem pengukuran *water level* dan debit aliran berbasis Arduino Uno, serta menguji kinerja dan kelayakannya sebagai alat praktikum fisika fluida. Penelitian instrumentasi membahas sensor pengukuran muka air dan debit berbiaya rendah, kalibrasi alat, serta keterlacakan pengukuran [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33], [34], [35], [36], [37], [38]. Konteks dan rancangan setiap penelitian tersebut berbeda. Literatur ini memberikan kerangka pembanding untuk memahami topik yang dikaji. Hasil penelitian ini tetap harus ditafsirkan berdasarkan bukti yang tersedia dalam studi ini.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian rekayasa dengan pendekatan eksperimental kuantitatif. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fisika Politeknik Pelayaran Banten, Tangerang, selama enam bulan yang mencakup perancangan alat, pengujian sistem, pengambilan data, dan analisis hasil. Objek penelitian adalah sistem pengukuran *water level* dan debit aliran berbasis Arduino, sedangkan subjeknya adalah data ketinggian air dan debit yang diperoleh dari sensor dan dari metode pengukuran konvensional. Fluida yang digunakan adalah air bersih.

Perancangan Sistem

Masukan sistem berupa ketinggian air dan debit. Sensor mengirimkan data kepada Arduino Uno untuk diproses, kemudian hasilnya ditampilkan melalui LCD I2C 16×2 dan serial monitor. Pengukuran pembanding menggunakan mistar, gelas ukur, dan stopwatch. Sistem ditopang oleh listrik PLN 220 V AC yang diturunkan menjadi 5 V DC melalui adaptor, air bersih, meja praktikum, penyangga, serta wadah penampung (Gambar 1).

Sensor JSN-SR04T memiliki probe tertutup yang berperan sebagai pemancar dan penerima gelombang ultrasonik sekitar 40 kHz [13]. Arduino memberikan pulsa trigger selama 10 µs. Lebar pulsa echo diukur melalui fungsi pulseIn() dengan batas waktu 30 ms. Jarak sensor ke permukaan air dihitung menggunakan Persamaan (3) dan kecepatan bunyi dari Persamaan (4). Program menggunakan kecepatan bunyi sebesar 0,0343 cm/µs pada suhu 20 °C.

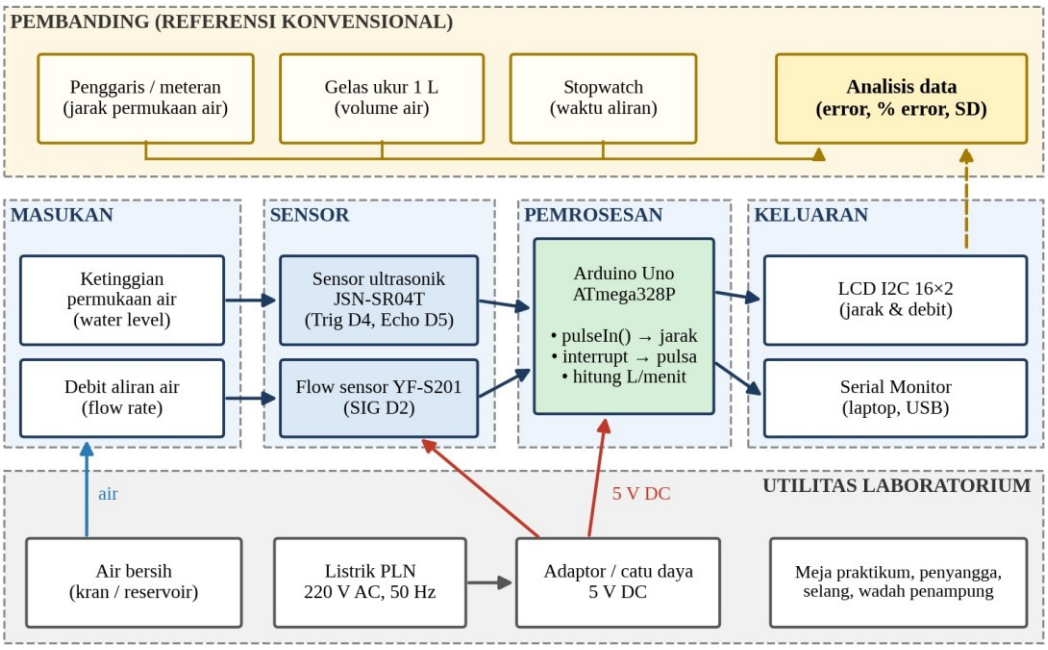
$$d = \frac{v \times t}{2} \tag{3}$$

$$v = 331{,}3 + 0{,}606 \times T \tag{4}$$

dengan d jarak (cm), v kecepatan bunyi, t lebar pulsa *echo*, dan T suhu udara (°C). Pada *flow sensor* YF-S201, putaran rotor menghasilkan pulsa efek Hall dengan frekuensi $f = 7{,}5\ Q$ (Q dalam L/menit), setara sekitar 450 pulsa per liter [14]. Pulsa dicacah melalui interupsi eksternal pada pin D2. Volume dan debit dihitung dengan Persamaan (1) dan (2), dengan N jumlah pulsa, k konstanta kalibrasi (pulsa/liter), dan t waktu cuplik.

$$V = \frac{N}{k} \tag{1}$$

$$Q = \frac{V}{t} \times 60 \tag{2}$$



Gambar 1. Bagan perancangan umum sistem.

Program ditulis dalam Arduino IDE dengan pustaka Wire.h dan LiquidCrystal_I2C.h. Pada fungsi loop(), jumlah pulsa dibaca dan direset setiap 1000 ms dengan interupsi dimatikan sesaat agar nilainya tidak berubah saat disalin. Debit dihitung dari pulsa tersebut, jarak dibaca lewat fungsi readDistanceCm(), lalu keduanya ditampilkan pada LCD. Jika tidak ada pantulan, LCD menampilkan "No echo". Alur lengkap program ditunjukkan pada Gambar 2. Penelitian instrumentasi membahas sensor pengukuran muka air dan debit berbiaya rendah, kalibrasi alat, serta keterlacakan pengukuran [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21]. Rujukan tersebut menyediakan kerangka pembanding; perbedaan konteks dan metode tidak memungkinkan hasil penelitian ini dianggap tervalidasi oleh penelitian tersebut.

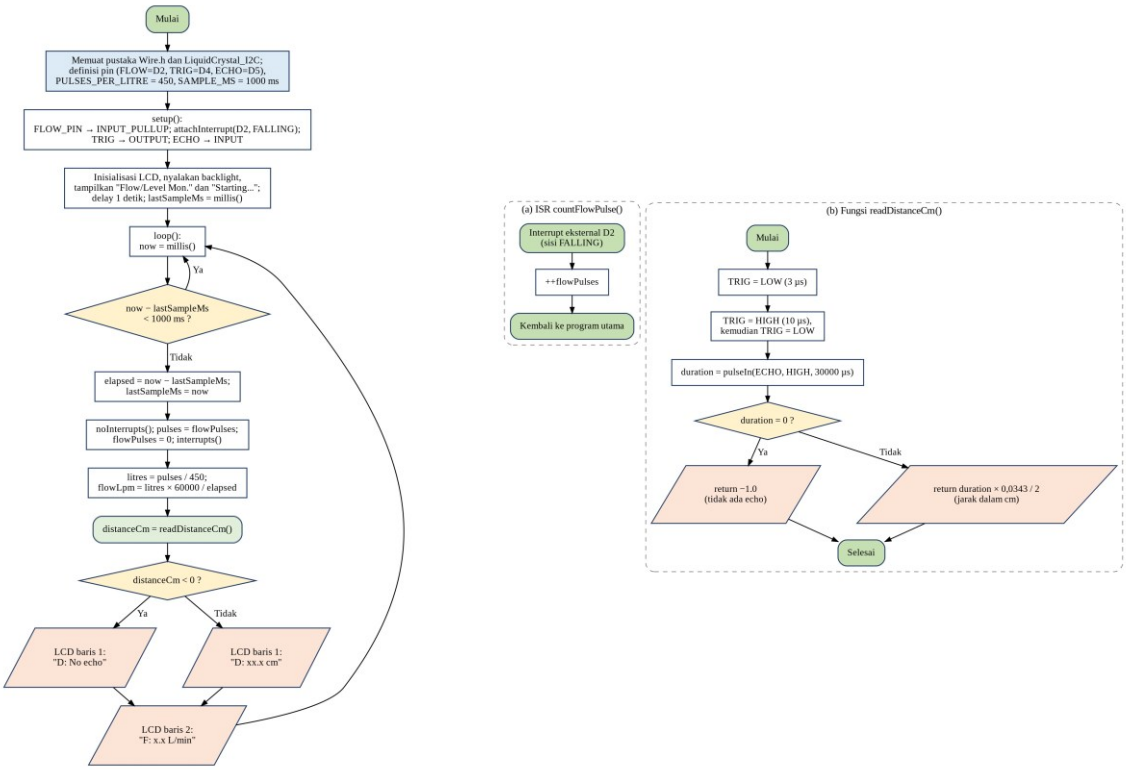
Pengujian dan Analisis Data

Setiap sensor diuji terpisah sepuluh kali dengan Arduino IDE pada *serial monitor* 9600 baud. Pada JSN-SR04T, probe dipasang tegak lurus pada ketinggian 80 cm dari dasar bak dan jarak acuan divariasikan dari 30 cm hingga 75 cm dengan kelipatan 5 cm. Nilai awal 30 cm dipilih di atas zona mati sensor. Jarak acuan diperoleh dari selisih tinggi pemasangan probe dan tinggi muka air yang dibaca pada mistar, dan tiap pengujian memakai rata-rata lima kali pembacaan dengan jeda 8 detik antarpengujian agar permukaan air sempat tenang. Pada YF-S201, pompa air mini mengalirkan air dari bak penampung melalui sensor ke gelas ukur 1000 mL selama 15 detik per pengujian yang diatur program dan diverifikasi dengan stopwatch, dengan volume acuan dibaca pada skala 10 mL.

Sepuluh pengujian jarak mencakup sepuluh titik acuan, dengan lima pembacaan per titik sebagaimana dijelaskan di atas. Sepuluh pengujian debit terbatas pada kisaran 1,92–2,08 L/menit. Resolusi gelas ukur 10 mL bukan ketidakpastian pengukuran total; sertifikat kalibrasi mistar, gelas ukur dan stopwatch serta variasi pembacaan individual belum disajikan. Karena itu, ketidakpastian gabungan dan repeatability tidak dapat dihitung dari tabel ringkasan saja. Data dianalisis dengan menghitung error

absolut dan persentase error pada Persamaan (5), dengan x_s nilai sensor dan x_a nilai acuan. Alat dinyatakan layak apabila rata-rata persentase error tiap sensor tidak melebihi 5%. Batas ini ditetapkan peneliti dengan mengacu pada praktik evaluasi sensor berbiaya rendah [10], [11]. Ambang 5% merupakan kriteria operasional penelitian, bukan persyaratan universal atau sertifikasi akurasi alat. Persentase galat absolut relatif terhadap nilai acuan dilaporkan terpisah dari ketelitian pengukuran dan ketidakpastian.

$$E(\%) = \frac{|x_s - x_a|}{x_a} \times 100\% \tag{5}$$

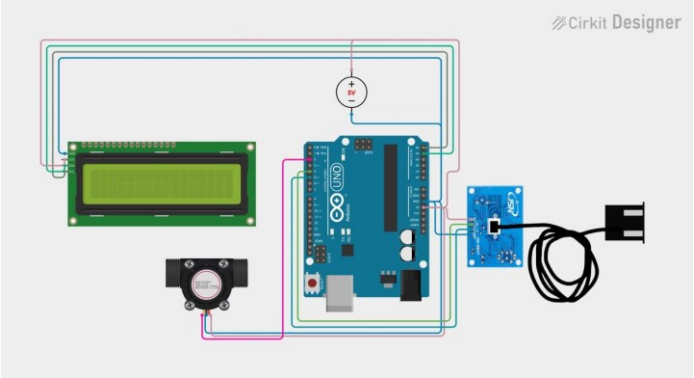


Gambar 2. Diagram alir program: (a) program utama; (b) rutin interupsi dan fungsi pembacaan jarak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Realisasi Alat

Rangkaian direalisasikan sesuai skema pada Gambar 3 dan konfigurasi pin pada Tabel 1. Sistem hanya memakai lima pin Arduino, yaitu D2, D4, D5, A4, dan A5. Pin D2 dipilih untuk YF-S201 karena pada Arduino Uno hanya D2 dan D3 yang mendukung interupsi eksternal, sehingga setiap pulsa rotor tetap tercacah saat program menunggu pantulan ultrasonik atau memperbarui layar. LCD memakai antarmuka I2C (alamat 0x27) sehingga cukup dua kabel sinyal. Seluruh GND disatukan agar sinyal memiliki titik acuan tegangan yang sama. Wujud alat hasil realisasi ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Rangkaian skematik sistem.

Tabel 1. Konfigurasi pin sistem.

Komponen	Pin komponen	Terhubung ke Arduino Uno
Catu daya 5 V DC	Positif, negative	Jalur 5 V, GND
LCD I2C 16×2	VCC, GND, SDA, SCL	Jalur 5 V, GND, A4, A5
JSN-SR04T	5V, GND, Trig, Echo	Jalur 5 V, GND, D4, D5
YF-S201	VCC, GND, SIG	Jalur 5 V, GND, D2



Gambar 4. Realisasi alat: (a) bagian luar; (b) bagian dalam.

Kinerja Sensor JSN-SR04T

Tabel 2 menyajikan hasil pengujian JSN-SR04T. Rata-rata kesalahan absolut tercatat sebesar 0,71 cm. Persentase kesalahan rata-rata adalah 1,37%, dengan nilai terkecil 0,89% dan terbesar 2,00%. Selisih terbesar sebesar 1,0 cm masih berada dalam kisaran ketelitian ±1 cm yang lazim tercantum pada lembar data sensor [13].

Tabel 2. Hasil pengujian sensor JSN-SR04T.

No	Jarak acuan (cm)	Jarak sensor (cm)	Error (cm)	Error (%)
1	30,0	29,5	0,5	1,67
2	35,0	34,6	0,4	1,14
3	40,0	39,2	0,8	2,00
4	45,0	44,6	0,4	0,89
5	50,0	49,4	0,6	1,20
6	55,0	54,2	0,8	1,45
7	60,0	59,2	0,8	1,33
8	65,0	64,2	0,8	1,23
9	70,0	69,0	1,0	1,43
10	75,0	74,0	1,0	1,33
	Rata-rata		0,71	1,37

Pembacaan sensor selalu lebih kecil daripada jarak acuan dan selisihnya membesar seiring bertambahnya jarak, yang menandakan galat sistematis yang cenderung sebanding dengan jarak. Penyebab yang paling mungkin adalah perbedaan kecepatan bunyi: program memakai 343 m/s (20 °C), sedangkan pada suhu laboratorium sekitar 27°C kecepatan bunyi sebenarnya sekitar 347,6 m/s berdasarkan Persamaan (4). Bila hasil pembacaan dikalikan faktor koreksi 1,0134, selisih terbesar mengecil menjadi 0,27 cm dan persentase error rata-rata menjadi 0,21%. Respons sensor juga linear dengan kemiringan regresi 0,9878 dan koefisien determinasi (R^2) 0,9999 (Gambar 5a), sehingga cukup dikoreksi dengan satu faktor pengali. Kompensasi suhu otomatis dengan sensor suhu dapat meningkatkan akurasi lebih lanjut.

Kinerja Sensor YF-S201

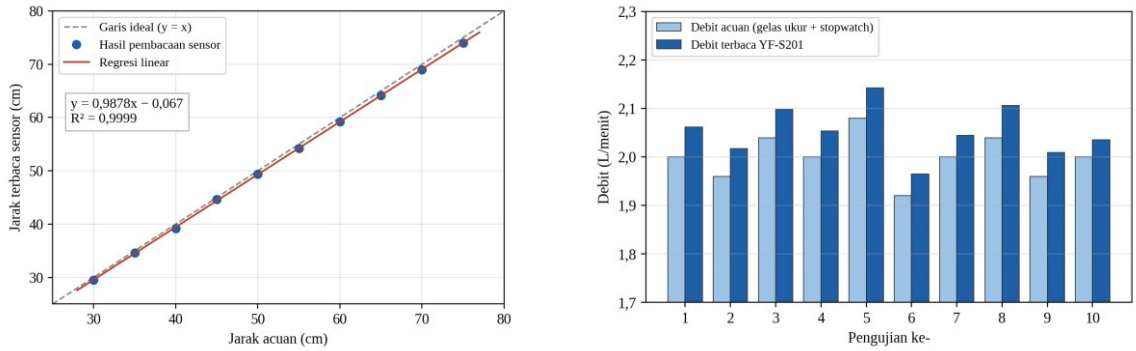
Hasil pengujian YF-S201 disajikan pada Tabel 3. Debit rata-rata yang terbaca sensor adalah 2,05 L/menit, sedangkan debit acuan rata-rata 2,00 L/menit. Rata-rata error absolut sebesar 0,053 L/menit atau 2,66%, dengan persentase error terkecil 1,78% dan terbesar 3,27%. Nilai ini sejalan dengan temuan [8] bahwa YF-S201 cukup akurat untuk keperluan laboratorium dan pendidikan. Seperti pada JSN-SR04T, galat YF-S201 bersifat sistematis: debit sensor pada seluruh pengujian sedikit lebih besar daripada debit acuan (Gambar 5b).

Bila konstanta 450 pulsa/liter diganti nilai efektif hasil pengujian sebesar 462 pulsa/liter, persentase error rata-rata turun menjadi sekitar 0,36%. Hal ini wajar karena 450 pulsa/liter merupakan nilai nominal pabrikan, sedangkan karakteristik rotor tiap unit sedikit berbeda, sehingga kalibrasi memang diperlukan [8]. Simpangan baku debit terbaca adalah 0,052 L/menit (koefisien variasi 2,53%)

dan hampir seluruhnya mengikuti variasi debit acuan, artinya sensor mengikuti perubahan aliran secara konsisten. Ketidakpastian lain berasal dari ketelitian pembacaan gelas ukur (±5 mL atau sekitar 1% dari 500 mL) dan waktu reaksi pengguna saat memakai stopwatch.

Tabel 3. Hasil pengujian sensor YF-S201.

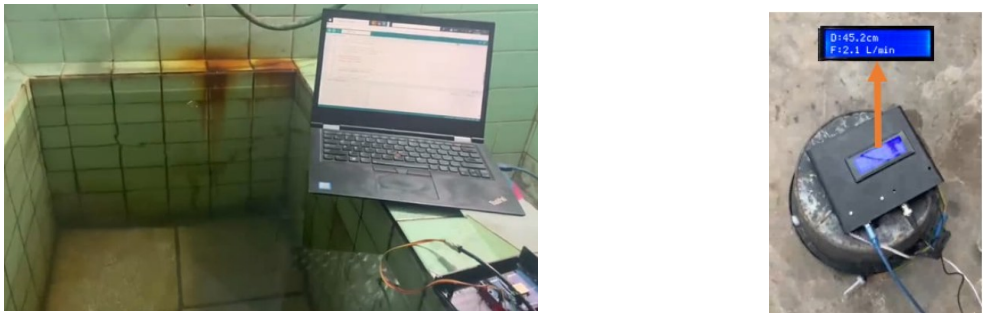
No	Volume acuan (mL)	Pulsa	Debit acuan (L/menit)	Debit sensor (L/menit)	Error (%)
1	500	232	2,00	2,06	3,11
2	490	227	1,96	2,02	2,95
3	510	236	2,04	2,10	2,83
4	500	231	2,00	2,05	2,67
5	520	241	2,08	2,14	2,99
6	480	221	1,92	1,96	2,31
7	500	230	2,00	2,04	2,22
8	510	237	2,04	2,11	3,27
9	490	226	1,96	2,01	2,49
10	500	229	2,00	2,04	1,78
Rata-rata		231,0	2,00	2,05	2,66



Gambar 5. Perbandingan hasil sensor dengan nilai acuan: (a) jarak JSN-SR04T; (b) debit YF-S201.

Pengujian Sistem Terpadu dan Kelayakan

Pada pengujian terpadu, kedua sensor dioperasikan bersamaan dan hasilnya terbaca pada LCD (baris pertama jarak, baris kedua debit; Gambar 6). Nilai pada layar berubah mengikuti tinggi air dan debit serta konsisten dengan hasil pengujian masing-masing sensor, tanpa gangguan berarti antarsensor. Interupsi membuat dua proses berbeda sifat dapat berjalan bersamaan: pembacaan jarak menahan program paling lama 30 ms, sedangkan pada debit sekitar 2 L/menit frekuensi pulsa hanya sekitar 15 Hz dan rutin interupsi berlangsung dalam hitungan mikrodetik. Rekapitulasi kinerja dibandingkan dengan kriteria kelayakan disajikan pada Tabel 4.



Gambar 6. Pengujian terpadu: (a) susunan pengujian di laboratorium; (b) tampilan hasil pada LCD.

Tabel 4. Ringkasan kinerja dan kelayakan sistem.

Parameter	JSN-SR04T	YF-S201	Kriteria
Jumlah pengujian	10 kali	10 kali	–
Rata-rata error absolut	0,71 cm	0,053 L/menit	–
Rata-rata error (%)	1,37	2,66	≤ 5%
Error maksimum (%)	2,00	3,27	≤ 5%
Error setelah koreksi (%)	0,21	0,36	–
Keputusan	Layak	Layak	–

Kedua sensor memenuhi kriteria kelayakan karena persentase error rata-rata maupun maksimumnya di bawah 5%. Galat yang sistematis dapat dikurangi dengan kompensasi suhu pada JSN-SR04T dan kalibrasi konstanta pulsa pada YF-S201. Pola galat ini berpotensi menjadi bahan latihan analisis pengukuran, tetapi manfaat pembelajaran dan keberhasilan koreksi belum diuji pada mahasiswa. Probe JSN-SR04T yang tertutup dan tahan air membuat alat lebih awet pada penggunaan berulang, dengan konsekuensi adanya zona mati sekitar 25 cm sehingga probe harus dipasang cukup tinggi di atas permukaan air tertinggi dan hal ini perlu dicantumkan pada petunjuk penggunaan.

SIMPULAN

Sistem pengukuran water level dan debit aliran berbasis Arduino Uno berhasil dirancang dan direalisasikan menggunakan sensor ultrasonik tahan air JSN-SR04T, flow sensor YF-S201, dan LCD I2C 16×2 dengan lima pin Arduino. Sensor JSN-SR04T mengukur jarak 30–75 cm dengan rata-rata error 0,71 cm (1,37%) dan respons linear, sedangkan YF-S201 mengukur debit sekitar 2 L/menit dengan rata-rata error 2,66%. Galat kedua sensor bersifat sistematis dan dapat dikurangi melalui kompensasi suhu serta kalibrasi konstanta pulsa. Karena galat rata-rata keduanya di bawah kriteria 5% yang ditetapkan dalam studi, purwarupa berpotensi digunakan sebagai media praktikum fisika fluida pada rentang uji, dengan catatan probe dipasang di luar zona mati sekitar 25 cm. Penelitian lanjutan disarankan memperluas rentang debit dan menguji penerimaan alat oleh mahasiswa.

DEKLARASI DAN INFORMASI TAMBAHAN

ORIGINALITAS DAN PENGAJUAN EKSKLUSIF

Para penulis diminta mengonfirmasi bahwa naskah ini asli, belum pernah diterbitkan, dan tidak sedang diajukan ke jurnal lain.

KONTRIBUSI PENULIS

Usulan CRediT (untuk persetujuan penulis): Ian Mochamad Sofian: konseptualisasi, metodologi, analisis formal, penulisan draf awal. Indah Purnaningratri; Yosi Apriani; Zainal Arifin; Abdu Rohim Ilham Dalimunthe: investigasi, validasi, serta peninjauan dan penyuntingan naskah.

KONFLIK KEPENTINGAN

Tidak terdapat konflik kepentingan yang dilaporkan.

PENDANAAN

Penelitian ini didanai oleh Politeknik Pelayaran Banten berdasarkan Keputusan Direktur Nomor KP-P2B 268 Tahun 2026 tentang Pengangkatan Tim Penelitian Dosen pada Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Tahun Anggaran 2026 (Tim Penelitian 13).

PERSETUJUAN ETIK

Penelitian menggunakan hasil uji kinerja sensor muka air dan debit serta data kalibrasi. Nomor persetujuan etik atau keputusan pengecualian belum dilaporkan.

PERSETUJUAN PARTISIPAN

Tidak dilaporkan adanya perekrutan partisipan dalam studi teknis ini. Penulis perlu memastikan apakah wawancara atau data pribadi digunakan.

KETERSEDIAAN DATA

Data penelitian meliputi hasil uji kinerja sensor muka air dan debit serta data kalibrasi. Permintaan akses data pendukung dapat diajukan kepada penulis korespondensi, dengan memperhatikan izin dan kerahasiaan data.

PENGGUNAAN KECERDASAN BUATAN

ChatGPT (OpenAI) digunakan untuk membantu penyuntingan bahasa, struktur, pemeriksaan konsistensi, dan penyesuaian format naskah. Data, hasil, interpretasi, dan substansi ilmiah menjadi tanggung jawab para penulis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Pelayaran Banten atas dukungan pendanaan penelitian (Hibah P2B 2026) dan fasilitas Laboratorium Fisika yang digunakan dalam penelitian ini.

INDEPENDENSI EDITORIAL

Penelaahan dan keputusan editorial dilaksanakan secara independen sesuai kebijakan Journal Marine Inside. Keterlibatan penulis dalam tim editorial perlu diungkapkan dan dikelola melalui pengunduran diri dari penanganan naskah sendiri.

HAK CIPTA DAN LISENSI

Hak cipta tetap pada penulis; Journal Marine Inside memperoleh hak publikasi pertama. Ketentuan yang dicantumkan pada template adalah lisensi Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0).

DAFTAR PUSTAKA

[1] Chen, Y., Wang, Z., & Li, X. (2021). Smart water level monitoring system based on ultrasonic sensors. *Sensors, 21*(18), 1–15.
[2] Al-Saadi, M. A., et al. (2022). Real-time fluid monitoring using low-cost sensors. *Measurement, 187*, 1–9.
[3] Lin, D. (2024). Low-cost water level sensors for educational laboratories. *Measurement: Sensors, 27*.
[4] Borankulova, S., et al. (2025). IoT-based water level monitoring system. *Sensors, 25*(5).
[5] Suryantoro, B. (2021). Arduino-based water level measurement for laboratory applications. *Indonesian Journal of Laboratory, 6*(1), 30–38.
[6] Wirama, I., et al. (2024). Flow sensor application for laboratory-scale fluid systems. *Journal of Physics Education, 9*(1), 12–20.
[7] Djalilov, A. (2023). Methods of water flow measurement and analysis. *E3S Web of Conferences, 381*.
[8] Rashad, R., et al. (2023). Performance evaluation of YF-S201 flow sensor for water measurement. *International Journal of Engineering Research, 12*(3), 45–52.
[9] Widayaka, A., & Jauhari, A. (2020). Implementation of water flow sensor for leakage detection. *Journal of Applied Electrical Science, 4*(2), 101–108.

[10] Pereira, T. S. R., de Carvalho, T. P., Mendes, T. A., & Formiga, K. T. M. (2022). Evaluation of water level in flowing channels using ultrasonic sensors. *Sustainability, 14*(9), 5512. https://doi.org/10.3390/su14095512
[11] Khatatbeh, A., & Kim, Y.-O. (2023). Low-cost IoT sensors for flow measurement in open channels: A comparative study of laboratory and field performance. *Proceedings of the Korea Water Resources Association Conference, 172*.
[12] Dwiky, R., & Atmiasri, S. (2025). Design of fluid monitoring trainer using Arduino. *Journal of Engineering Education, 15*(2), 55–63.
[13] Anonimus. (n.d.). *Datasheet jsn-sr04t waterproof ultrasonic sensor module*. https://www.manorshi.com
[14] Anonimus. (n.d.). *Datasheet yf-s201 Hall-Effect water flow sensor*. https://handsontec.com/dataspecs/sensor/Water%20Flow%20Sensor.pdf
[15] Ferrer Santana, V. D., Salustiano, R. E., & de Oliveira Tiezzi, R.. (2024). Development and calibration of a low-cost LIDAR sensor for water level measurements. *Flow Measurement and Instrumentation*. https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2024.102729
[16] Masoudimoghaddam, M., Yazdi, J., & Shahsavandi, M.. (2025). A low-cost ultrasonic sensor for online monitoring of water levels in rivers and channels. *Flow Measurement and Instrumentation*. https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2024.102777
[17] Ebbie, S. K. C.. (2022). Designing an arduino-based low-cost and high-precision water level indicator and controller with ultrasonic sensor. *i-manager's Journal on Instrumentation and Control Engineering*. https://doi.org/10.26634/jic.10.2.19355
[18] Tawackolian, K., Büker, O., Hogendoorn, J., & Lederer, T.. (2013). Calibration of an ultrasonic flow meter for hot water. *Flow Measurement and Instrumentation*. https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2012.05.003
[19] Yanel, K.. (2023). Prototype of Arduino-Based water level detector with ultrasonic sensor. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Elektro dan Komputer*. https://doi.org/10.51903/juritek.v3i1.1329
[20] Padilla-Buriticá, J. I., Palacio-Morales, J., Gonzalez P., G. D., Cano, G., & Narváez, C. M.. (2026). Adapting low-cost level sensor data for traceable in-situ flow measurement: A regression-based framework aligned with ISO/GUM. *Flow Measurement and Instrumentation*. https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2026.103332
[21] Vieira, L. M. F., Soares, S. B., Loureiro, G. F., Luiz, T. A., & Ferreira, T. F. A.. (2025). Development and calibration of a low-cost flow meter using a YF-S201 sensor connected to an Arduino Uno. *Caderno Pedagógico*. https://doi.org/10.54033/cadpedv22n12-152
[22] Toran, L. (2016). Water level loggers as a Low-Cost tool for monitoring of stormwater control measures. *Water*. https://doi.org/10.3390/w8080346
[23] Ding, N., Zhu, Q., Cherqui, F., Walcker, N., Bertrand-Krajewski, J. L., & Hamel, P. (2025). Laboratory performance assessment of low-cost water level sensor for field monitoring in the tropics. *Water Research X*. https://doi.org/10.1016/j.wroa.2024.100298
[24] Muhammad, R. L., Setiadi, T., & Suasana, I. S. (2025). A Web-Based ultrasonic Sensor-Based water level measurement system in the water reservoir at diponegoro vocational school (case study at diponegoro vocational school). *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*. https://doi.org/10.51903/hcea2a62
[25] Lin, R., Tian, W., Qiu, R., Hu, L., & Yuan, Z. (2025). Low-cost, data-efficient, on-device soft sensors for sewer flow monitoring—learning from adjacent water level sensors. *Water Research X*. https://doi.org/10.1016/j.wroa.2025.100415
[26] Galli, A., Peruzzi, C., Gangi, F., & Masseroni, D. (2024). ArduHydro: A low-cost device for water level measurement and monitoring. *Journal of Agricultural Engineering*. https://doi.org/10.4081/jae.2024.1554
[27] Ahmad, R. (2024). Enhanced drift self-calibration of low-cost sensor networks based on cluster and advanced statistical tools. *Measurement*. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2024.115158
[28] Koech, R. (2015). Water density formulations and their effect on gravimetric water meter calibration and measurement uncertainties. *Flow Measurement and Instrumentation*. https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2015.06.009
[29] Rashad, A. A., Ulikaryani, Girawan, B. A., Ariawan, R., Sodikin, J., & Hastuti, H. D. (2023). Uji fungsi dan kalibrasi sensor water flow YF-S201 berbasis Arduino Uno pada mesin penjernih air sungai. *Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*. https://doi.org/10.55606/teknik.v3i2.1850
[30] Muamaroh, N., & Christanto, F. W. (2024). Pengukur penggunaan air otomatis menggunakan water flow sensor yf-s201 dan NodeMCU esp8266 berbasis IoT. *JIKO (Jurnal Informatika dan Komputer)*. https://doi.org/10.26798/jiko.v8i1.1104
[31] Kurnia Bakti, V., Rais, R., Basit, A., Nugroho, W. E., & Nishom, M. (2024). Perbandingan hasil nilai baca konsumsi air antara sensor water flow YF-B6 dan yf-s201 dalam penggunaan internet of things. *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*. https://doi.org/10.30591/jpit.v9i1.6530
[32] Bae, I., & Ji, U. (2019). Outlier detection and smoothing process for water level data measured by ultrasonic sensor in stream flows. *Water*. https://doi.org/10.3390/w11050951
[33] Cruz, K. M. S. D., Ella, V. B., Suministrado, D. C., Pereira, G. S., & Agulto, E. S. (2022). A Low-Cost wireless sensor for Real-Time monitoring of water level in lowland rice field under alternate wetting and drying irrigation. *Water*. https://doi.org/10.3390/w14244128

[34] Panagopoulos, Y., Papadopoulos, A., Poulis, G., Nikiforakis, E., & Dimitriou, E. (2021). Assessment of an ultrasonic water stage monitoring sensor operating in an urban stream. *Sensors*. https://doi.org/10.3390/s21144689

[35] Kluczyk, M., Grządziela, A., Polak, A., Pająk, M., & Gajda, M. (2023). Analysis of changes in the opening pressure of marine engine injectors based on vibration parameters recorded at a constant torque load. *Sensors, 23*(20), Article 8404. https://doi.org/10.3390/s23208404

[36] Drewing, S., & Witkowski, K. (2021). Spectral analysis of torsional vibrations measured by optical sensors, as a method for diagnosing injector nozzle coking in marine diesel engines. *Sensors, 21*(3), Article 775. https://doi.org/10.3390/s21030775

[37] Zhang, Y., Liu, X., & Chen, J. (2023). A kalman filter-based sensor fusion for Maritime target tracking and collision avoidance. *Journal of Marine Science and Technology, 28*(4), 412–425.

[38] Pratama, R., & Nugroho, S. (2021). Integrasi Multi-Sensor GPS-Gyro untuk reduksi drift error pada sistem navigasi kapal penumpang. *Jurnal Ilmiah Nautika, 5*(1), 45–56.