



Analisis Reliabilitas dan Akurasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 terhadap Hasil Pengukuran Manual

Akhmad Thariq Hafid^{1*}, Ulul Ilmi², Abdur Rohman Wakhid³

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Lamongan, Indonesia

²⁻³Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Lamongan, Indonesia

*Penulis Korespondensi: akhmadthariqhafid@gmail.com

Abstract. *This study aims to analyze the reliability and accuracy of the HC-SR04 ultrasonic sensor compared to manual measurement results. The data used in this study are secondary data obtained from five previous studies in the form of distance measurement results using the HC-SR04 ultrasonic sensor and manual measurements as reference values. The data were analyzed using several statistical methods, including error analysis, mean, standard deviation, linear regression, correlation coefficient (R), Root Mean Square Error (RMSE), and sensor calibration. The results showed that the HC-SR04 ultrasonic sensor has good accuracy and reliability in distance measurement. The average relative error values obtained from each study were 0.81%, 1.54%, 1.52%, 2.28%, and 7.29%, while the RMSE values obtained were 0.6325 cm, 0.8367 cm, 0.1745 cm, 0.2429 cm, and 0.4323 cm. The correlation coefficient analysis showed a very strong relationship between the sensor readings and manual measurements, with R values ranging from 0.9827 to 1.0000. Furthermore, the linear regression analysis indicated that the changes in sensor readings followed the changes in manual measurement results linearly. The regression equations obtained were then used as the basis for the calibration process to reduce deviations between sensor measurement results and reference values. Based on the analysis results, the HC-SR04 ultrasonic sensor has good measurement performance, high consistency, and is suitable for use as an alternative digital distance measuring instrument.*

Keywords: *Accuracy; Calibration; HC-SR04 Ultrasonic Sensor; Linear Regression; Reliability.*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis reliabilitas (keandalan) dan akurasi (ketepatan) sensor ultrasonik HC-SR04 terhadap hasil pengukuran manual. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari lima penelitian terdahulu berupa hasil pengukuran jarak menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dan pengukuran manual sebagai nilai acuan. Data tersebut dianalisis menggunakan beberapa metode statistik, yaitu *error* (kesalahan pengukuran), *mean* (rata-rata), standar deviasi, regresi linear, koefisien korelasi (R), *Root Mean Square Error* (RMSE), dan kalibrasi sensor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik HC-SR04 memiliki tingkat akurasi dan reliabilitas yang baik dalam melakukan pengukuran jarak. Nilai *error* relatif rata-rata pada masing-masing penelitian sebesar 0,81%, 1,54%, 1,52%, 2,28%, dan 7,29%, sedangkan nilai RMSE yang diperoleh yaitu 0,6325 cm, 0,8367 cm, 0,1745 cm, 0,2429 cm, dan 0,4323 cm. Hasil analisis koefisien korelasi menunjukkan hubungan yang sangat kuat antara hasil pembacaan sensor dengan pengukuran manual, dengan nilai R berada pada rentang 0,9827 hingga 1,0000. Selain itu, hasil regresi linear menunjukkan bahwa perubahan hasil pembacaan sensor mengikuti perubahan hasil pengukuran manual secara linear. Persamaan regresi yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam proses kalibrasi untuk mengurangi penyimpangan hasil pengukuran sensor terhadap nilai acuan. Berdasarkan hasil analisis tersebut, sensor ultrasonik HC-SR04 dinyatakan memiliki kemampuan pengukuran yang baik, konsisten, dan layak digunakan sebagai alternatif alat ukur jarak digital.

Kata kunci: Akurasi; Kalibrasi; Regresi Linear; Reliabilitas; Sensor Ultrasonik HC-SR04.

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi (Ilmi and Pratama 2024) di era digital berlangsung sangat pesat dan membawa perubahan besar dalam sistem pengukuran dan otomatisasi. Pengukuran (Ilmi and others 2019) yang sebelumnya dilakukan secara manual kini beralih ke metode digital yang lebih cepat, praktis, dan efisien, salah satunya melalui pemanfaatan sensor sebagai perangkat pendeteksi kondisi lingkungan yang diubah menjadi informasi yang dapat diproses

oleh sistem elektronik. Salah satu (Ilmi 2017) jenis sensor yang banyak digunakan adalah sensor ultrasonik, yang bekerja dengan memanfaatkan gelombang suara berfrekuensi tinggi untuk mendeteksi objek dan mengukur jaraknya berdasarkan waktu tempuh pantulan gelombang. Sensor HC-SR04 (Marzuki et al. 2026) merupakan salah satu sensor ultrasonik paling populer karena harganya relatif murah, mudah digunakan, dan dapat diintegrasikan dengan berbagai mikrokontroler seperti Arduino maupun ESP32.

Sensor HC-SR04 (Ilmi et al. 2023) telah diterapkan secara luas, antara lain pada sistem pengukur ketinggian air, robot penghindar rintangan, alat bantu parkir kendaraan, pintu otomatis, serta berbagai sistem *monitoring* dan kontrol. Kemampuannya melakukan pengukuran tanpa kontak langsung dengan objek menjadikan sensor ini solusi efektif untuk berbagai kebutuhan pengukuran jarak (Arifin Tri Nur, Pratiwi Ganjar Fenriyani, and Janrafsasih Arra 2022). Penelitian terdahulu juga menunjukkan bahwa bentuk dan ukuran objek memengaruhi kemampuan sensor HC-SR04 dalam mendeteksi jarak, sehingga hasil pengukuran dapat bervariasi meskipun dilakukan pada kondisi yang hampir sama (Moh Avin Annabil et al. 2024).

Perbedaan (Ilmi 2018b) antara hasil pengukuran sensor dan nilai sebenarnya dikenal sebagai *error* atau kesalahan pengukuran, sehingga diperlukan analisis untuk mengetahui tingkat akurasi (kedekatan hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya) dan reliabilitas (konsistensi hasil pengukuran ketika dilakukan berulang suatu sensor. Beberapa penelitian (Ilmi 2019b) menunjukkan bahwa sensor HC-SR04 memiliki performa yang cukup baik, dengan tingkat presisi hingga 99,47% pada rentang pengukuran tertentu, meskipun performanya tetap perlu dievaluasi lebih lanjut pada berbagai kondisi penggunaan. Salah satu (Ilmi 2019a) metode umum untuk mengevaluasi kinerja sensor adalah dengan membandingkan hasil pengukuran sensor terhadap hasil pengukuran manual yang dianggap sebagai nilai acuan, melalui analisis statistik seperti error, regresi linear, dan korelasi.

Berdasarkan kajian (Ilmi 2018a) berbagai penelitian terdahulu, sensor HC-SR04 telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi pengukuran dan sistem otomatisasi. Namun demikian, belum banyak penelitian yang secara khusus menganalisis reliabilitas dan akurasi sensor HC-SR04 dibandingkan pengukuran manual secara komprehensif menggunakan gabungan beberapa indikator statistik sekaligus, yaitu *error*, *mean*, standar deviasi, regresi linear, koefisien korelasi, RMSE, dan kalibrasi. Kesenjangan (gap) (Putra et al. 2024) inilah yang mendasari urgensi dan kebaruan penelitian ini, karena informasi mengenai tingkat keandalan sensor sangat berguna bagi pengguna yang ingin memanfaatkan HC-SR04 sebagai

alat ukur digital serta menentukan kelayakan penggunaannya sebagai alternatif pengukuran manual. Berdasarkan uraian tersebut (Ilmi and Sholikhin 2025), penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat akurasi dan reliabilitas sensor ultrasonik HC-SR04 terhadap hasil pengukuran manual, menganalisis besarnya *error* yang dihasilkan, mengevaluasi hubungan linear antara hasil pengukuran sensor dengan pengukuran manual melalui analisis regresi, serta memanfaatkan hasil analisis tersebut sebagai dasar proses kalibrasi guna meningkatkan akurasi sensor.

2. KAJIAN TEORITIS

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji penerapan sensor ultrasonik HC-SR04 pada berbagai bidang. Tumewan et al. (2025) mengintegrasikan sensor HC-SR04 dengan mikrokontroler ESP32 untuk membangun sistem navigasi otomatis pada robot dan memperoleh hasil bahwa sistem mampu mendeteksi serta menghindari rintangan dengan tingkat keandalan yang tinggi. (Arifuddin and Rafsyam 2025) mengimplementasikan sensor HC-SR04 yang dikombinasikan dengan Arduino Uno dan LabVIEW untuk memantau level air secara otomatis, dengan hasil menunjukkan tingkat akurasi yang cukup baik. (Khasanah 2024) merancang alat ukur volume zat cair berbasis sensor HC-SR04 dan menunjukkan bahwa setelah proses kalibrasi, sensor menghasilkan *error* rendah sebesar 1,54% dengan akurasi mencapai 98,46%. (Lesmana 2025) mengembangkan prototipe dispenser otomatis berbasis sensor HC-SR04 dengan tingkat akurasi baik pada rentang jarak 1–5 cm. (Fahril et al. 2025) memanfaatkan sensor HC-SR04 pada sistem kamera cerdas yang mampu memberikan data jarak presisi untuk mendukung kinerja sistem keamanan otomatis. (Nurwala Nazla Saragih dan Rakhmat Kurniawan 2025) merancang sistem pengukuran kedalaman air berbasis web dengan sensor HC-SR04 yang menghasilkan data andal untuk pemantauan sumber daya air secara *real-time*. Secara umum, kajian penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sensor HC-SR04 memiliki tingkat akurasi yang cukup baik, meskipun performanya tetap dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, jarak pengukuran, dan metode kalibrasi yang digunakan.

Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor HC-SR04 mengukur jarak dengan memancarkan gelombang ultrasonik berfrekuensi sekitar 40 kHz dan menghitung waktu pantulan gelombang tersebut dari objek yang terdeteksi. Cara kerja ini (Ilmi and Faroh 2024) memungkinkan pengukuran jarak non-kontak dengan ketelitian sekitar 0,3 cm dan jangkauan hingga 4 meter pada tegangan operasi 5V (Alfarisi and Syafitri 2021). Rentang pengukuran sensor ini berkisar antara 2 cm hingga

400 cm dengan akurasi sekitar 3 mm, menjadikannya efektif untuk berbagai aplikasi pengukuran jarak tanpa kontak langsung (Khasanah 2024).

Teori Error, Mean, dan Standar Deviasi

Error (kesalahan pengukuran) menunjukkan selisih antara hasil pembacaan sensor dan nilai pengukuran manual sebagai acuan, dan digunakan sebagai indikator utama akurasi sensor. *Mean* (rata-rata) digunakan untuk mengetahui nilai tengah dari sekumpulan data pengukuran, sedangkan standar deviasi (SD) digunakan untuk mengetahui tingkat penyebaran dan konsistensi data terhadap nilai rata-ratanya. Nilai SD dihitung dengan persamaan $SD = \sqrt{[\sum(x - \bar{x})^2 / (n - 1)]}$, dengan x adalah data ke- i , $\bar{x}$ nilai rata-rata, dan n jumlah data pengamatan. Nilai SD yang kecil menunjukkan penyebaran data yang sempit sehingga mengindikasikan konsistensi pengukuran yang baik.

Regresi Linear dan Koefisien Korelasi

Hubungan antara hasil pembacaan sensor (y) dan hasil pengukuran manual (x) dianalisis menggunakan regresi linear sederhana dengan bentuk umum $y = ax + b$, dengan a adalah *slope* (kemiringan garis regresi) dan b adalah *intercept*. Semakin dekat nilai a terhadap 1 dan nilai b terhadap 0, maka hasil pembacaan sensor semakin mendekati kondisi ideal ($y = x$). Kekuatan hubungan antara kedua variabel diukur menggunakan koefisien korelasi (R), dengan nilai $R = 1$ menunjukkan hubungan sangat kuat dan searah (positif), $R = 0$ menunjukkan tidak ada hubungan, dan $R = -1$ menunjukkan hubungan sangat kuat namun berlawanan arah (negatif).

Teori Root Mean Square Error (RMSE) dan Kalibrasi Sensor

RMSE digunakan untuk mengukur besarnya penyimpangan antara nilai hasil pembacaan sensor dan nilai acuan, dihitung dengan persamaan $RMSE = \sqrt{[\sum(\text{Sensor} - \text{Manual})^2 / n]}$. Nilai RMSE yang kecil menunjukkan penyimpangan pengukuran sensor yang kecil terhadap nilai acuan. Kalibrasi sensor merupakan proses mengoreksi hasil pembacaan sensor agar mendekati nilai pengukuran manual dengan memanfaatkan persamaan regresi linear yang telah diperoleh. Persamaan regresi $y = ax + b$ diubah menjadi persamaan kalibrasi $x = (y - b) / a$, sehingga kesalahan akibat pergeseran (*offset*) maupun perbedaan skala (*slope*) dapat dikurangi (Siaga 2016).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini (Ilmi and Purnawan 2022) merupakan penelitian kuantitatif dengan metode analisis data sekunder. Pendekatan kuantitatif menggunakan data dalam bentuk angka yang dianalisis secara statistik sehingga menghasilkan informasi yang objektif, terukur, dan dapat digunakan untuk menjelaskan suatu fenomena secara ilmiah (Rahmah 2025). Peneliti tidak melakukan perancangan alat baru maupun pengambilan data secara langsung di lapangan; data yang digunakan berasal dari lima penelitian terdahulu yang telah dipublikasikan dan relevan dengan tujuan penelitian. Penggunaan data sekunder (Ilmi 2020) memberikan keuntungan berupa efisiensi waktu dan biaya karena penelitian dapat lebih difokuskan pada proses pengolahan, analisis, dan interpretasi data.

Data penelitian (Ilmi 2018c) terdiri atas dua jenis, yaitu data pengukuran manual yang digunakan sebagai nilai acuan (*reference value*) karena dianggap paling mendekati kondisi sebenarnya, dan data hasil pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 yang dianalisis tingkat akurasi dan reliabilitasnya. Kelima (Ilmi and Rupawanti 2020) kelompok data sekunder tersebut mencakup rentang pengukuran yang bervariasi, mulai dari beberapa sentimeter hingga ratusan sentimeter, sehingga memberikan gambaran performa sensor pada berbagai kondisi pengukuran (Irfan et al., 2023; Niswatul Khasanah, 2023; Arifudin et al., 2021; Prameswari et al., 2024; Otomatis et al., n.d.).

Untuk memperoleh hasil analisis yang komprehensif, penelitian ini menggunakan beberapa metode statistik sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1. Seluruh perhitungan (Ilmi n.d.) dilakukan dengan bantuan perangkat lunak MATLAB menggunakan fungsi statistik bawaan, seperti *corrcoef* untuk koefisien korelasi, sehingga proses perhitungan dapat dilakukan secara lebih cepat, efisien, dan akurat dibandingkan perhitungan manual (Santoso and Huda 2009).

Tabel 1. Metode Analisis yang Digunakan.

No	Metode	Fungsi
1	Error	Mengetahui besarnya kesalahan pengukuran sensor terhadap nilai acuan
2	Mean (rata-rata)	Mengetahui nilai rata-rata data hasil pengukuran
3	Standar deviasi	Mengetahui tingkat penyebaran dan kestabilan data
4	Regresi linear	Mengetahui hubungan antara data sensor dan data acuan
5	Koefisien korelasi (R)(Ilmi 2012)	Mengukur kekuatan hubungan antarvariabel
6	RMSE	Mengevaluasi tingkat kesalahan pengukuran secara keseluruhan
7	Kalibrasi sensor	Mengoreksi hasil pembacaan sensor agar mendekati nilai acuan

Sumber: Rahmah (2025); Santoso & Huda (2009), diolah.

Data hasil penelitian (Ilmi 2019a) yang digunakan diperoleh dari lima penelitian terdahulu yang secara konsisten membandingkan hasil pengukuran manual dengan hasil pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 pada rentang jarak berbeda-beda, mulai dari pengukuran orde sentimeter (kurang dari 15 cm) hingga pengukuran jarak menengah (di atas 300 cm). Karena penelitian ini bersifat analisis data sekunder (Ilmi and Sukardi 2017), tidak dilakukan pengujian alat secara langsung maupun pengambilan data *real-time*; seluruh proses penelitian dilaksanakan menggunakan perangkat komputer sebagai alat pengolah data utama.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis *Error* (Kesalahan Pengukuran)

Analisis *error* dilakukan untuk mengetahui selisih antara hasil pembacaan sensor dan hasil pengukuran manual sebagai indikator utama akurasi sensor. Pada Penelitian 1 diperoleh error relatif rata-rata sebesar 0,81%, Penelitian 2 sebesar 1,54%, Penelitian 3 sebesar 1,52%, Penelitian 4 sebesar 2,28%, dan Penelitian 5 sebesar 7,29%. Nilai *error* relatif yang relatif rendah pada sebagian besar penelitian menunjukkan bahwa sensor HC-SR04 mampu menghasilkan pembacaan yang mendekati nilai pengukuran manual. *Error* relatif terbesar pada Penelitian 5 disebabkan oleh beberapa titik pengukuran pada jarak yang sangat dekat (di bawah 5 cm), misalnya pada jarak 3 cm dan 5 cm dengan *error* relatif masing-masing mencapai 27,67% dan 16,80%, sehingga menunjukkan bahwa keterbatasan sensor cenderung muncul pada rentang pengukuran yang sangat pendek.

Reliabilitas: *Mean* dan Standar Deviasi

Reliabilitas sensor dievaluasi berdasarkan nilai *mean* dan standar deviasi hasil pengukuran. Ringkasan hasil perhitungan *mean* pada kelima penelitian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Mean* dan Standar Deviasi Pengukuran.

No	Penelitian	<i>Mean</i> Manual (cm)	<i>Mean</i> Sensor (cm)	<i>Mean Error</i> Absolut (cm)	<i>SD Error</i> (cm)
1	Penelitian 1	55,00	54,60	0,40	0,52
2	Penelitian 2	155,00	154,50	0,50	0,71
3	Penelitian 3	9,55	9,55	0,12	0,13
4	Penelitian 4	9,08	9,29	0,21	0,13
5	Penelitian 5	6,50	6,19	0,34	0,28

Sumber: Hasil pengolahan data sekunder, 2026.

Berdasarkan Tabel 2, selisih rata-rata (*mean error absolut*) hasil pembacaan sensor terhadap pengukuran manual pada kelima penelitian tergolong kecil, yaitu berkisar antara 0,12 cm hingga 0,50 cm. Nilai standar deviasi *error* yang relatif kecil pada seluruh penelitian (0,13–0,71 cm) menunjukkan bahwa variasi kesalahan pengukuran sensor tergolong rendah dan stabil pada kondisi pengukuran yang berulang. Hasil ini mengindikasikan bahwa sensor HC-SR04 memiliki tingkat reliabilitas yang baik, meskipun proses kalibrasi tetap diperlukan untuk mengurangi penyimpangan hasil pengukuran agar semakin mendekati nilai acuan.

Regresi Linear dan Koefisien Korelasi

Hubungan linear antara hasil pengukuran manual (x) dan hasil pembacaan sensor (y) dianalisis menggunakan regresi linear sederhana dengan bantuan fungsi *corrcoef* pada perangkat lunak MATLAB. Hasil analisis regresi dan koefisien korelasi pada kelima penelitian ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Regresi Linear dan Koefisien Korelasi.

No	Penelitian	Persamaan Regresi	R	Kategori	RMSE (cm)
1	Penelitian 1	$y = 0,9988x - 0,3333$	0,9999	Sangat kuat	0,6325
2	Penelitian 2	$y = 1,0047x - 1,2214$	1,0000	Sangat kuat	0,8367
3	Penelitian 3	$y = 0,9859x + 0,2347$	0,9993	Sangat kuat	0,1745
4	Penelitian 4	$y = 0,8896x + 1,2123$	0,9827	Sangat kuat	0,2429
5	Penelitian 5	$y = 1,0207x - 0,4407$	0,9948	Sangat kuat	0,4323

Sumber: Hasil pengolahan data sekunder menggunakan MATLAB, 2026.

Berdasarkan Tabel 3, seluruh penelitian menghasilkan nilai *slope* (a) mendekati 1 dan *intercept* (b) mendekati 0, yang menunjukkan bahwa perubahan hasil pembacaan sensor mengikuti perubahan hasil pengukuran manual secara linear dan mendekati kondisi ideal ($y = x$). Nilai koefisien korelasi (R) pada kelima penelitian berkisar antara 0,9827 hingga 1,0000, yang seluruhnya berada pada kategori hubungan sangat kuat dan positif. Nilai R terendah diperoleh pada Penelitian 4 (0,9827), namun tetap tergolong sangat kuat, sedangkan nilai tertinggi diperoleh pada Penelitian 2 (1,0000) yang menunjukkan hubungan linear yang hampir sempurna. Adanya *error* pada beberapa titik pengukuran tidak menyebabkan nilai koefisien korelasi menjadi rendah, karena koefisien korelasi mengukur kekuatan pola perubahan antara dua variabel, bukan besarnya selisih nilai pengukuran.

Nilai RMSE pada kelima penelitian berkisar antara 0,1745 cm hingga 0,8367 cm, seluruhnya berada di bawah 1 cm, sehingga penyimpangan hasil pembacaan sensor terhadap pengukuran manual dapat dikategorikan kecil. RMSE terkecil diperoleh pada Penelitian 3 (0,1745 cm) yang juga memiliki *error* relatif rata-rata terendah kedua, sedangkan RMSE

terbesar diperoleh pada Penelitian 2 (0,8367 cm) akibat adanya selisih pengukuran sebesar 2 cm pada salah satu titik pengukuran. Hasil analisis RMSE ini sejalan dengan hasil *error* relatif dan koefisien korelasi, yang secara konsisten menunjukkan bahwa sensor HC-SR04 memiliki hubungan linear yang sangat kuat dengan nilai acuan serta tingkat penyimpangan yang kecil terhadap hasil pengukuran manual.

Kalibrasi Sensor

Persamaan regresi linear pada Tabel 3 selanjutnya digunakan sebagai dasar penyusunan persamaan kalibrasi $x = (y - b) / a$ untuk mengoreksi hasil pembacaan sensor agar lebih mendekati nilai pengukuran manual. Sebagai contoh, pada Penelitian 1 diperoleh persamaan regresi $y = 0,9988x - 0,3333$, sehingga persamaan kalibrasinya adalah $x = (y + 0,3333) / 0,9988$. Apabila hasil pembacaan sensor menunjukkan nilai 89 cm, maka hasil kalibrasi diperoleh sebesar $x = (89 + 0,3333) / 0,9988 = 89,44$ cm, yang lebih mendekati nilai pengukuran manual sebesar 90 cm dibandingkan nilai sensor sebelum dikalibrasi (89 cm). Pola serupa berlaku pada Penelitian 2 hingga Penelitian 5, di mana penerapan persamaan kalibrasi secara konsisten mampu memperkecil selisih antara hasil pembacaan sensor dan nilai pengukuran manual. Hasil ini menegaskan bahwa proses kalibrasi berbasis regresi linear efektif digunakan untuk mengoreksi kesalahan sistematis (*systematic error*) akibat karakteristik sensor, sehingga data pengukuran menjadi lebih representatif terhadap kondisi sebenarnya.

Secara keseluruhan, hasil analisis *error*, *mean*, standar deviasi, regresi linear, koefisien korelasi, RMSE, dan kalibrasi menunjukkan bahwa sensor ultrasonik HC-SR04 memiliki tingkat akurasi dan reliabilitas yang baik dalam melakukan pengukuran jarak dibandingkan dengan hasil pengukuran manual. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Khasanah (2024) dan Lesmana (2025) yang juga melaporkan tingkat akurasi tinggi pada sensor HC-SR04 setelah dilakukan proses kalibrasi. Dengan demikian, sensor HC-SR04 layak dipertimbangkan sebagai alternatif alat ukur jarak digital yang praktis, terjangkau, dan dapat diandalkan dalam berbagai aplikasi pengukuran dan sistem otomatisasi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis data dari lima penelitian terdahulu mengenai reliabilitas dan akurasi sensor ultrasonik HC-SR04 terhadap hasil pengukuran manual, dapat disimpulkan bahwa sensor ultrasonik HC-SR04 menunjukkan tingkat akurasi dan reliabilitas yang baik. Dari aspek akurasi, nilai *error* relatif rata-rata pada kelima penelitian masing-masing sebesar 0,81%, 1,54%, 1,52%, 2,28%, dan 7,29%, dengan nilai RMSE masing-masing sebesar 0,6325

cm, 0,8367 cm, 0,1745 cm, 0,2429 cm, dan 0,4323 cm, yang menunjukkan penyimpangan hasil pembacaan sensor terhadap pengukuran manual relatif kecil. Dari aspek reliabilitas, nilai *mean* hasil pembacaan sensor memiliki perbedaan yang relatif kecil terhadap nilai *mean* pengukuran manual, sedangkan nilai standar deviasi *error* yang rendah menunjukkan variasi kesalahan pengukuran yang rendah pula. Selain itu, terdapat hubungan linear yang sangat kuat antara hasil pembacaan sensor dan hasil pengukuran manual, dengan nilai koefisien korelasi (R) pada kelima penelitian berada pada rentang 0,9827 hingga 1,0000 serta persamaan regresi masing-masing $y = 0,9988x - 0,3333$; $y = 1,0047x - 1,2214$; $y = 0,9859x + 0,2347$; $y = 0,8896x + 1,2123$; dan $y = 1,0207x - 0,4407$. Persamaan regresi tersebut selanjutnya terbukti efektif digunakan sebagai dasar dalam penyusunan persamaan kalibrasi untuk mengoreksi hasil pembacaan sensor sehingga lebih mendekati nilai pengukuran manual. Berdasarkan hasil tersebut, sensor ultrasonik HC-SR04 dinyatakan memiliki kemampuan pengukuran yang baik, konsisten, dan layak digunakan sebagai alternatif alat ukur jarak digital.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan jumlah sampel dan variasi rentang pengukuran yang lebih banyak agar hasil analisis akurasi, reliabilitas, dan kalibrasi sensor menjadi lebih representatif. Proses kalibrasi sensor sebaiknya dilakukan secara berkala mengingat karakteristik sensor dapat berubah akibat faktor penggunaan maupun kondisi lingkungan. Penelitian selanjutnya juga dapat membandingkan performa sensor HC-SR04 dengan sensor pengukur jarak lain, menguji pengaruh faktor eksternal seperti suhu dan kelembapan, mengembangkan sistem pemantauan *real-time* berbasis *Internet of Things* (IoT), serta mempertimbangkan metode kalibrasi atau pemodelan yang lebih kompleks, seperti regresi nonlinier atau algoritma kecerdasan buatan, apabila karakteristik sensor menunjukkan hubungan yang tidak sepenuhnya linier pada rentang pengukuran yang lebih luas. Penelitian ini juga memiliki keterbatasan karena hanya menggunakan data sekunder dari lima penelitian terdahulu sehingga generalisasi hasil perlu dilakukan secara hati-hati pada kondisi pengukuran di luar rentang data yang dianalisis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing, Ulul Ilmi, S.Si., M.T. dan Abdur Rohman Wakhid, S.T., M.T., atas bimbingan selama proses penelitian, serta kepada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Lamongan atas dukungan fasilitas akademik. Artikel ini merupakan bagian dari skripsi berjudul "Analisis Reliabilitas dan Akurasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 terhadap Hasil Pengukuran Manual"

yang disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Lamongan.

DAFTAR REFERENSI

- Alfarisi, Muchammad, and Niken Syafitri. 2021. "Analisis Akurasi Dan Presisi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Pada Robot KRPAI." *Prosiding Diseminasi FTI Genap 2021/2022* 2:1–7.
- Arifin Tri Nur, Pratiwi Ganjar Fenriyani, and Janrafsasih Arra. 2022. "Sensor Ultrasonik Sebagai Sensor Jarak." *Jurnal Tera* 2(2):55–62.
- Arifuddin, Fikri, and Yenniwarti Rafsyam. 2025. "Implementasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Dengan Arduino Dan LabVIEW Untuk Pengukuran Level Air." *Spektral* 6(1):298–302. doi: 10.32722/spektral.v6i1.7521.
- Ilmi, Ulul. 2012. "PEMANFAAT FUNGSI SQR DAN SQRT UNTUK PERHITUNGAN BESARAN VEKTOR DAN HAMBATAN AC." *Jurnal Teknika Volume* 4(1).
- Ilmi, Ulul. 2017. "Penggunaan SPSS Untuk Pembuktian Kebenaran Hukum Ohm." *JE-Unisla* 2(2):83–86.
- Ilmi, Ulul. 2018a. "Linear Equation System Study on Electrical Circuits Using Matlab." *JE-Unisla* 3(1):1–4.
- Ilmi, Ulul. 2018b. "The Study Of Kirchchoff Law And Inverse Matrix For Electrical Network Solutions." *JE-Unisla* 3(2):42–45.
- Ilmi, Ulul. 2018c. "THE TRUTH OF OHM'S LAW IS SEEN FROM THE STANDPOINT OF STATISTICAL SCIENCE." *SAINS DAN TEKNOLOGI* 1(1):166–69.
- Ilmi, Ulul. 2019a. "Rancang Bangun Alat Penghitung Bibit Ikan Mujair Otomatis Berbasis Mikrokontroler." *JE-Unisla* 4(1):283–86.
- Ilmi, Ulul. 2019b. "Studi Rencana Alat Pengukur Panas Pada Muai Logam." *Jurnal Teknika* 11(2):1123–26.
- Ilmi, Ulul. 2020. "Pembuatan Anten Di Desa Taman Prijek Kecamatan Laren." *Jurnal Abdimas Berdaya: Jurnal Pembelajaran, Pemberdayaan Dan Pengabdian Masyarakat* 1(01):48–59.
- Ilmi, Ulul. n.d. "Solusi Rangkaian Listrik Berbasis Invers Matlab Dan Gauss-Jordan Manual."
- Ilmi, Ulul, and Rifky Aisyatul Faroh. 2024. "A Study of Mathematical Problems as Control Agents in the Industrial Sector." *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam* 21(2):170–84.
- Ilmi, Ulul, Rifky Aisyatul Faroh, Ayu Ismi Hanifah, Nur Indah Mukhoyyaroh, and others. 2023. "STUDI METODE CRAMER DAN METODE INVERS MATRIK PADA PERSOALAN RANGKAIAN LISTRIK." *JE-Unisla* 8(2):92–96.
- Ilmi, Ulul, and others. 2019. "Simulasi Daya Harmonik Berbasis Transformasi Wavelet Dengan Matlab." *JE-Unisla* 4(1):244–46.
- Ilmi, Ulul, and Abdul Muiz Pratama. 2024. "Study on the Design of the Remote Distance Recording Automation Tool for Regional Water Utility Companies (PDAM) Water Distribution Using WIFI." *SAINSTECH NUSANTARA* 1(3):28–37.

- Ilmi, Ulul, and Heri Purnawan. 2022. "Study on the Problems of Particle Dynamics and Rigid Bodies (Mechanical Engineering Field) and Electrical Circuits (Electrical Engineering)." Pp. 213–26 in *Proceeding International Conference on Environment Health, Socioeconomic and Technology*. Vol. 1.
- Ilmi, Ulul, and Nahdia Rupawanti. 2020. "Utilization Of Soil Moisture Sensor For The Study Of Making Automatic Cayenne Pepper Plant Sprinklers In Priyoso Village, Karangbinangun District, Lamongan Regency: Pemanfaatan Sensor Kelembaban Tanah Untuk Studi Pembuatan Alat Penyiram Tanaman Otomatis Cabe Rawit Di Desa Priyoso Kecamatan Karangbinangun Kabupaten Lamongan." *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Bangka Belitung* 7(1):10–14.
- Ilmi, Ulul, and Mochammad Sholikhin. 2025. "Teaching to Display Text, Symbols, and ASCII Images Using Turbo Pascal to First-Semester Electrical Engineering Students." *Sejahtera: Jurnal Inspirasi Mengabdikan Untuk Negeri* 4(2):1–9.
- Ilmi, Ulul, and Sukardi Sukardi. 2017. "Analisa Instalasi Listrik Pada Rusunawa Dengan Metode Studi Deskriptif Kasus Rusunawa Universitas Islam Lamongan." *JE-Unisla* 2(1).
- Khasanah, Ulfa Niswatul. 2024. "Rancang Bangun Alat Ukur Volume Zat Cair Menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04." *Journal of Science Nusantara* 4(1):1–6. doi: 10.28926/jsnu.v4i1.1433.
- Lesmana, Krisna. 2025. "Prototipe Penggunaan Motor Servo Untuk Dispenser Otomatis Berbasis Arduino Dan Sensor Hc-Sr04." *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan* 13(2):16–22. doi: 10.23960/jitet.v13i2.6063.
- Marzuki, Muhammad Chusni, Ulul Ilmi, Arif Budi Laksono, Eko Wahyu Santoso, and Abdur Rohman Wakhid. 2026. "Performance Evaluation of the DHT11 Sensor for MATLAB-Based Temperature and Humidity Measurements." *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science* 6(2):737–49.
- Moh Avin Annabil, Safhira Aulia Nurazizah, Zainatul Khasanah, Risqillah Ayu Puspita S, and Moh Avin Annabil. 2024. "Analisis Pengukuran Jarak Objek Dengan Sensor Ultrasonik(HC-SR04) Untuk Berbagai Bentuk Objek." *Journal of Electronics and Instrumentation* 1(2):54–61. doi: 10.19184/jei.v1i2.687.
- Putra, Revaldy Alexandra, Galang Akbar Fatoni, Muhammad Hanif Rifai, Erdin Wildan Ahsani, and Rafli Devano Danendra. 2024. "Validasi Akurasi Pengukuran Terhadap Benda Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis NodeMCU 8266." *Mars : Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Ilmu Komputer* 2(3):188–95.
- Rahmah, Ade Elvi. 2025. "PENGUNAAN METODE KUANTITATIF DALAM PENELITIAN AGRIBISNIS : STUDI EMPIRIS." 2(3):422–26.
- Santoso, Tri Budi, and Miftahul Huda. 2009. "Modul I Dasar-Dasar Operasi Matlab." *Modul 1 Praktikum Sinyal Dan Sistem* 1–12.
- Siaga, Status. 2016. "KALIBRASI SENSOR ULTRASONIK HC-SR04 SEBAGAI SENSOR PENDETEKSI JARAK PADA PROTOTIPE SISTEM PERINGATAN DINI BENCANA BANJIR SNF2016-43 SNF2016-44." V:43–46.
- Zahar, I., Ananda, P., & Fadila, P. (2023). Analisis Pengukuran Jarak Menggunakan Sensor. 623–627.