

PERBANDINGAN KARAKTERISTIK LINEARITAS ANTARA SENSOR ULTRASONIK HC-SR04 DAN SRF05

R.M.N.Muslikhan, H.Widiyanto dan I.Harjanto³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

Gedung P Lantai 6, Kampus 1 Jl. Sidodadi Timur 24, Semarang

E-mail : rizqiadja26@gmail.com¹, hidayatwidiyanto24@gmail.com², imaduddin@upgris.ac.id³

Abstrak

Sensor ultrasonik banyak digunakan untuk pengukuran jarak karena akurasi dan kemudahan penggunaannya. Studi ini mengevaluasi karakteristik linearitas dari dua jenis sensor ultrasonik populer, HC-SR04 dan SRF05. Dengan menggunakan data yang dikumpulkan pada berbagai jarak (0 hingga 50 cm), HC-SR04 menunjukkan rata-rata error sebesar $\pm 0,03$ cm dengan koefisien determinasi (R^2) 0,9975, sedangkan SRF05 memiliki rata-rata error $\pm 0,15$ cm dengan R^2 0,9979. Hasil menunjukkan perbedaan signifikan dalam kinerja linearitas sensor, memberikan wawasan tentang kesesuaian mereka untuk aplikasi tertentu. Studi ini menjadi referensi untuk memilih sensor ultrasonik yang sesuai berdasarkan kebutuhan linearitas.

Kata Kunci: Akurasi Sensor, HC-SR04, Linieritas, Sensor Ultrasonik, SRF05

I. PENDAHULUAN

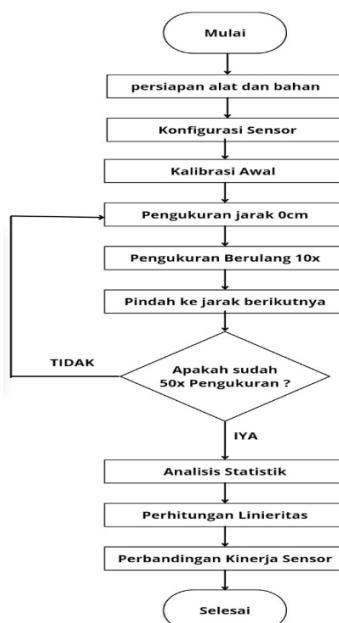
Seiring perkembangan teknologi sensor, khususnya dalam bidang instrumentasi dan pengukuran, sensor ultrasonik menjadi salah satu komponen utama dalam berbagai aplikasi pengukuran jarak. Sensor ultrasonik merupakan solusi yang sangat baik dan efisien untuk pengukuran jarak, karena sifat dasar dari gelombang suara frekuensi tinggi yang mereka gunakan. Hal ini memberikan keunggulan dalam hal akurasi, keleluasaan, dan biaya yang cukup rendah. Sensor ultrasonik telah terbukti menjadi solusi yang handal, mudah digunakan, dan murah untuk mengukur baik jarak maupun tinggi sebuah objek, dua sensor ultrasonik yang paling sering digunakan oleh pengguna adalah HC-SR04 dan SRF05. Meskipun memiliki fungsi yang sama, karakteristik performa dari kedua sensor ini berbeda jauh, terutama dalam hal karakteristik linearitas pengukuran.

Penelitian ini bertujuan menyajikan analisis komprehensif dari karakteristik linearitas kedua jenis sensor ultrasonik tersebut. Berdasarkan metode pengukuran sistematis dan analisis statistik yang ketat, kami membandingkan kinerja dari HC-SR04 dan SRF05 berdasarkan serangkaian dari eksperimen pengukuran pada rentang jarak dari 0-50 cm secara berulang. Berdasarkan analisis ini, kami dapat memberikan hasil dari nilai akurasi absolut, koefisien determinasi, rata-rata error, dan respon kesamaan sensor pada berbagai jarak. Dengan penelitian ini, mereka akan mendapatkan kontribusi yang signifikan ketika mereka memilih sensor ultrasonik yang paling sesuai dengan kebutuhan spesifik mereka. Dalam hal ini, karena karakteristik linearitas dari sensor yang dipecahkannya, penelitian ini juga dapat membantu dalam proses seleksi sensor yang paling sesuai untuk aplikasi manapun, termasuk sensor untuk robotika, sistem kendali, atau instrumentasi lingkungan. Penelitian ini juga dapat menjadi referensi bagi yang ini melakukan penelitian lanjutan, atau eksplorasi.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan alat dan bahan berupa dua jenis sensor ultrasonik yaitu HC-SR04 dan SRF05, mikrokontroler Arduino Uno, kabel jumper, breadboard, dan perangkat pendukung lainnya. Proses awal terdiri dari konfigurasi perangkat keras di mana masing-masing sensor dihubungkan ke prototipe Arduino Uno dengan pengaturan pin yang sesuai. Setiap sensor dihubungkan dengan pin VCC ke sumber daya 5V, pin ground ke ground board, dan pin trigger dan echo masing-masing dihubungkan ke pin digital Arduino untuk memastikan komunikasi dan pembacaan data yang akurat.

Kemudian akan dilakukan uji validitas dengan menggunakan pengukuran linearitas untuk melihat validitas data yang didapatkan. Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Flowchart alur penelitian

Setelah konfigurasi perangkat keras, desain eksperimental dirancang dengan sistematika yang memuat rentang pengukuran dari 0 hingga 50 cm, dengan interval pengukuran sebanyak 2 cm. Untuk menjamin validitas data, setiap titik pengukuran dilakukan sebanyak 10 kali pengulangan. Metode pengukuran yang digunakan adalah melalui mikrokontroler Arduino dalam pengiriman sinyal trigger, mengukur waktu pantul gelombang ultrasonik, dan menghitung jarak berdasarkan rumus matematis yang telah terstandarisasi, sebagai berikut:

$$Jarak = \frac{(Waktu\ pantul \times Kecepatan\ suara)}{2}$$

Metode pengambilan data menggunakan protokol semaksimal mungkin. Lingkungan sekitar pengukuran hampir pasti dari segala gangguan eksternal selama pembacaan sensor dilakukan. Permukaan pantul yang digunakan adalah permukaan bidang datar untuk memastikan pantulan gelombang ultrasonik yang optimal, hal ini bertujuan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Sebelum pengambilan data, kalibrasi dilakukan terlebih dahulu demi memastikan sensor dalam keadaan yang sama dan pembacaan yang akurat. Analisis data dilakukan secara statistik, baik secara deskriptif maupun inferensial. Masing-masing dataset dari kedua sensor dihitung rata – ratanya, rata- rata simpangan baku, dan koefisien determinasi atau R². Grafik regresi linear akan digunakan untuk melihat sejauh mana antara jarak sebenarnya dengan jarak yang dihasilkan oleh sensor masing-masing. Garis regresi akan dipergunakan untuk menilai linieritasnya dan akurasinya. Umumnya, garis regresi linear dinyatakan dalam bentuk persamaan berikut:

$$Nilai\ terukur = gradien\ nilai\ sebenarnya + intersep$$

Selain itu, proses perhitungan error absolut merujuk ke bentuk persamaan standar dalam metrology, yang dibentuk sebagai berikut

$$\text{Error} = |\text{Nilai terukur} - \text{Nilai sebenarnya}|$$

Proses yang dimaksudkan untuk membandingkan kinerja sensor tetap terfokus pada linieritas pengukuran, di mana kemudian konsistensi diamati dari stabilitas pembacaan pada rentang jarak berbeda dan R² akan menjadi indikator utama dalam menilai seberapa baik model dalam menjelaskan keterangan jarak antara nilai terukur dan nilai sebenarnya. Sebagai tambahan, penelitian ini memiliki beberapa asumsi khusus, yaitu tidak adanya external interferents dalam lingkungan eksperimental, benda itu memiliki titik pantul yang sempurna, dan lingkungan eksperimen adalah konstan. Metodologi diharapkan dapat memberikan gambaran yang komprehensif untuk membandingkan kinerja kedua tipe sensor tersebut.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian yang telah dilakukan dengan pengukuran jarak rentang 0-50 cm dengan interval 2 cm dengan pengulangan 10 kali untuk mendapatkan nilai yang akurat dengan menggunakan sensor ultrasonik tipe SRF05 yang dapat dilihat pada tabel 1 dan tipe HC-SR04 pada tabel 2.

Tabel 1. Tabel Hasil pengukuran sensor ultrasonik SRF05

No	Jarak (cm)	Ulanga n 1	Ulanga n 2	Ulanga n 3	Ulanga n 4	Ulanga n 5	Ulanga n 6	Ulanga n 7	Ulanga n 8	Ulanga n 9	Ulanga n 10	Rata-rata (cm)
1	0	3.44719	3.38	3.43769	3.38	3.4559	3.37	3.46824	3.28	3.4416	3.37	3.40306
2	2	2.19	2.21	2.21	2.19	2.11	2.21	2.21	2.21	2.21	2.11	2.186

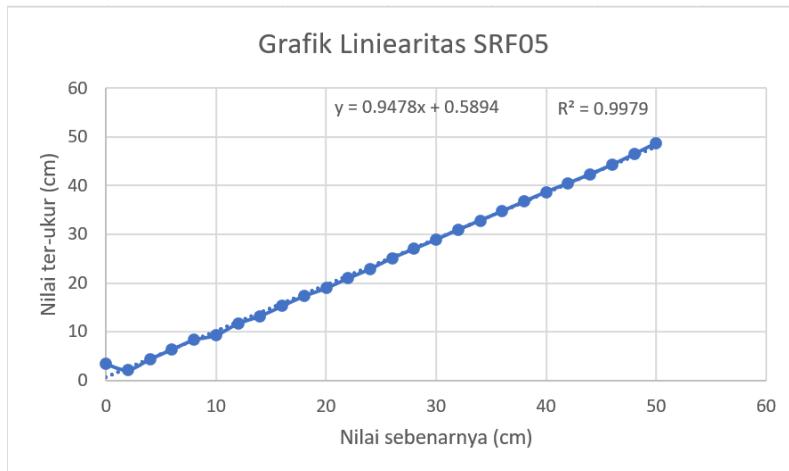
3	4	4.4	4.39	4.28	4.39	4.39	4.4	4.28	4.39	4.4	4.4	4.372
4	6	6.38	6.39	6.38	6.39	6.27	6.29	6.39	6.38	6.39	6.39	6.365
5	8	8.33	8.33	8.33	8.33	8.33	8.33	8.33	8.33	8.33	8.33	8.33
6	10	9.38	9.3	9.3	9.28	9.3	9.28	9.28	9.3	9.3	9.28	9.3
7	12	11.65	11.65	11.65	11.75	11.7	11.65	11.65	11.63	11.73	11.75	11.681
8	14	13.18	13.18	13.28	13.18	13.18	13.18	13.28	13.16	13.16	13.28	13.206
9	16	15.05	15.47	15.47	15.47	15.45	15.47	15.05	15.06	15.06	15.06	15.261
10	18	17.41	17.39	17.41	17	17.41	17.41	16.98	17.41	17.39	17.41	17.322
11	20	18.94	18.94	18.94	18.94	18.82	18.94	18.94	18.94	18.92	18.94	18.926
12	22	20.91	21.34	21.23	20.93	20.91	20.93	20.81	20.93	20.93	20.93	20.985
13	24	23.22	22.8	22.8	22.8	22.7	22.7	22.81	22.81	23.22	22.81	22.867
14	26	24.75	25.16	25.16	25.14	25.16	25.16	25.14	25.16	25.16	25.16	25.115
15	28	27	26.98	26.98	27	26.98	27	26.95	27.05	27.08	27.1	27.012
16	30	28.88	28.87	28.87	28.99	28.99	28.87	28.88	28.87	28.99	28.97	28.918
17	32	30.87	30.92	31.03	30.97	30.92	31.03	30.92	30.92	30.92	30.92	30.942
18	34	32.81	32.81	32.81	32.81	32.79	32.81	32.9	32.81	32.81	32.81	32.817
19	36	34.75	34.75	34.73	34.75	34.75	34.75	34.75	34.75	34.75	34.75	34.748
20	38	37.04	36.64	36.62	36.64	36.64	36.64	36.64	36.64	36.64	37.09	36.723
21	40	39.03	39.03	38.57	38.57	38.57	38.57	38.56	38.47	38.57	39.03	38.697
22	42	40.51	40.51	40.51	40.49	40.41	40.41	40.41	40.49	40.49	40.51	40.474
23	44	41.99	41.99	42.4	42.4	42.38	42.4	42.4	42.4	42.4	42.4	42.316
24	46	44.29	44.29	43.88	44.29	44.29	44.29	44.27	44.39	44.39	44.37	44.275
25	48	46.63	46.68	46.67	46.33	46.67	46.27	46.26	46.26	46.36	46.27	46.44
26	50	48.62	48.62	48.72	48.62	49.09	48.67	48.62	48.6	48.62	48.68	

Tabel 2. Tabel Hasil pengukuran sensor ultrasonik tipe HC-SR04

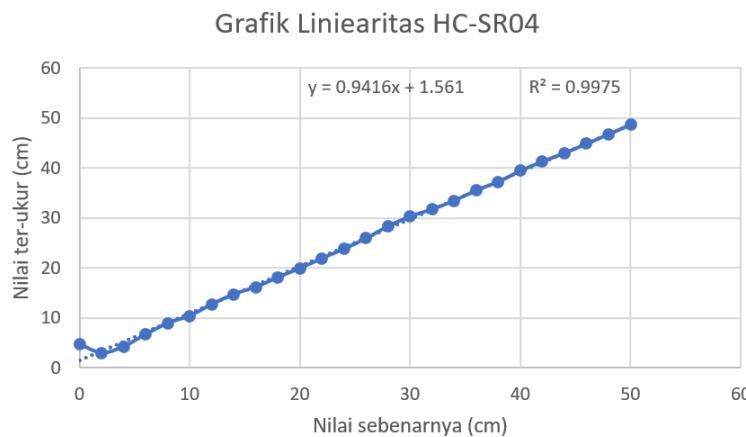
No	Jarak (cm)	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 4	Ulangan 5	Ulangan 6	Ulangan 7	Ulangan 8	Ulangan 9	Ulangan 10	Rata- rata (cm)
1	0	4.73	4.73	4.73	4.73	4.71	4.61	4.61	4.71	4.73	4.71	4.7
2	2	2.98	2.99	2.98	2.87	2.99	2.99	2.98	2.87	2.98	2.98	2.961
3	4	4.32	4.32	4.32	4.3	4.22	4.22	4.3	4.32	4.32	4.32	4.296
4	6	6.72	6.72	6.72	6.72	6.72	6.72	6.7	6.7	6.7	6.7	6.712
5	8	8.91	8.91	8.91	8.89	9.01	9.01	9.01	9.01	9.01	8.91	8.958
6	10	10.37	10.39	10.49	10.49	10.39	10.39	10.49	10.49	10.39	10.39	10.428
7	12	12.73	12.73	12.73	12.73	12.84	12.73	12.73	12.84	12.73	12.73	12.752
8	14	14.72	14.82	14.72	14.69	14.72	14.82	14.72	14.82	14.72	14.82	14.757
9	16	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2
10	18	18.14	18.14	18.16	18.14	18.14	18.14	18.14	18.14	18.14	18.14	18.142
11	20	20.08	20.09	20.08	19.52	20.08	20.08	19.62	20.08	19.97	20.08	19.968
12	22	21.96	21.98	21.96	21.98	21.96	21.98	21.96	21.86	21.86	21.96	21.946
13	24	23.92	23.92	23.9	23.8	23.8	23.82	23.8	23.8	23.8	23.8	23.836
14	26	25.74	26.16	25.69	26.15	25.86	25.86	25.86	26.21	26.2	25.74	25.947
15	28	28.36	28.34	28.46	28.36	28.34	28.36	28.46	28.38	28.34	28.44	28.384
16	30	30.29	30.28	30.29	30.29	30.4	30.28	30.29	30.28	30.28	30.4	30.308
17	32	31.82	31.33	31.81	31.93	31.82	31.81	31.81	31.82	31.81	31.82	31.778
18	34	33.71	33.17	33.71	33.71	33.17	33.15	33.15	33.75	33.76	33.76	33.504

19	36	35.24	35.24	35.24	35.24	35.65	35.55	36.11	36.09	35.65	35.65	35.566
20	38	37.18	37.18	37.18	37.08	37.18	37.18	37.18	37.59	37.49	37.59	37.283
21	40	39.53	39.53	39.53	39.51	39.53	39.53	39.53	39.53	39.42	39.02	39.466
22	42	41.46	41.46	41.36	41.36	41.36	41.36	41.36	41.36	40.9	41.34	41.332
23	44	43.3	43.3	42.89	42.89	42.99	42.99	42.99	42.99	42.89	42.89	43.012
24	46	44.83	44.83	44.93	44.93	44.83	44.83	44.83	44.93	44.83	44.83	44.86
25	48	46.77	46.77	46.87	46.77	46.77	46.87	46.77	46.77	46.77	46.77	46.79
26	50	48.71	48.82	48.72	48.71	48.71	48.71	48.71	48.71	48.71	48.71	48.722

Berdasarkan analisis sensor ultrasonik HC-SR04 dan SRF05 karakteristik linearitas diungkapkan perbedaan yang signifikan dalam performa pengukuran. Data karakteristik ini telah diperoleh bahwa kedua sensor menunjukkan pola linearitas yang sangat kuat, namun dengan performa yang sedikit berbeda. Setelah melihat ke tautan datum antara dua, sensor SRF05 menunjukkan karakteristik linearitas yang lebih spesifik dibandingkan HC-SR04, yang diamati dari beberapa parameter statistik.



Gambar 1.1 Grafik Liniearitas tipe SRF05



Gambar 1.2 Grafik Liniearitas tipe HC-SR04

Diagram di atas menunjukkan hubungan antara nilai sebenarnya dan nilai terukur yang diukur pada kedua sensor dan jarak sesungguhnya dimulai dari 0 cm hingga 50 cm. Dimana gambar 1 menunjukkan grafik liniearitas dari sensor ultrasonik tipe SRF05 didapatkan nilai regresi $y = 0.9478x + 0.5894$ dan nilai koefisien = 0.9979. Dan gambar 2 menunjukkan grafik linieritas sensosr ultrasonik tipe HC-SR04 dengan nilai regresi $y = 0.9416x + 1.561$ dan nilai koefisien sebesar 0.9975.

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa kemiringan dari kedua persamaan mendekati 1, yang menunjukkan bahwa persamaan linier. Tetapi interceptnya berbeda, yang menunjukkan bahwa offset pada bacaan sensor. Dari hasil di atas menunjukkan bahwa untuk presisi, SRF05 mungkin menjadi pilihan yang lebih baik.. Koefisien determinasi adalah indikator utama dalam penilaian linearitas ini. SRF05 memiliki nilai koefisien determinasi R^2 0.9979 yang mendekati idealnya 1. Dibandingkan HC-SR04 yang memiliki nilai koefisien determinasi R^2 0.9975. Pada SRF 05 menunjukkan hubungan sebenarnya jarak terukur. Akan tetapi pada grafik HC-SR04 menunjukkan pola linearitas yang linier tetapi mengalami deviasi terhadap jarak sesungguhnya. Jadi HC-SR04” tetap memiliki kinerja yang baik dan dapat digunakan dalam aplikasi di mana sedikit variasi dalam pengukuran dapat diterima.

Analisis kesalahan pengukuran menjelaskan perbedaan antara performa dua sensor. Sensor HC-SR04 memiliki rata-rata error $\pm 0,03$ cm, yang secara statistik terducing. Sementara itu, SRF05 menunjukkan rata-rata $\pm 0,15$ cm, yang signifikan mengalami error. Variabilitas pengukuran di berbagai jarak memberikan wawasan yang signifikan tentang sensor. Pada jarak terendah dan dekat 0-10 cm, kedua sensor memiliki kurva datar dan distribusi yang konstan. Namun, pengukuran dengan peningkatan jarak semakin menguatkan aktivitas sensor. HC-SR04 tetap stabil, tetapi berfluktuasi lebih dari pada SRF05. Ada faktor-faktor teknis yang mempengaruhi kinerja sensor ultrasonik. Resolusi bacaan, sudut pantulan gelombang suara dan sensitivitas elemen anemoelektrik berperan signifikan dalam kewajaran pembacaan. HC-SR04 optimisasi elemen transducer, memberikan bayangan yang lebih presisi. Implication dari temuan ini sangat praktis. Aplikasi yang melibatkan pengukuran presisi di jarak terdekat 0-30 cm dari obyek diukur akan mendapatkan keuntungan. Robotoperti, sensor pelayan, rumu cuman presici inerisis terbatas akan mendapat banyan. SRF05 menggunakan sensor berspek teknis biasa, mebukannya yang berkapsasi rendah akan menggrabakan. Meski demikian, sensor ini tetap viable untuk aplikasi umum dan keekonomisan anggaran.

Keterbatasan penelitian perlu diakui, seperti pengujian dilakukan pada kondisi laboratorium dengan variabel terkontrol. Analisis lebih lanjut diperlukan untuk mengkaji ketahanan dan kinerja masing-masing sensor di kondisi lingkungan yang bervariasi, guna mendapatkan pemahaman yang lebih luas mengenai aplikasi praktis mereka.

IV. KESIMPULAN

Dalam penelitian komparatif yang disajikan, karakteristik linearitas sensor ultrasonik HC-SR04 dan SRF05 secara eksplisit diungkapkan dengan temuan yang signifikan. Sebagaimana ditunjukkan dalam analisis, kedua sensor ultrasonik menunjukkan linearitas tinggi, dalam hal ketentuan koefisien determinasi : HC-SR04 – 0.9975 dan SRF05 – 0.9979. Namun, kesimpulan yang nyata terletak dalam akurasi pengukuran kedua sensor, di mana HC-SR04 menunjukkan error rata-rata yang berjumlah ± 0.03 cm sementara SRF05 mencapai ± 0.15 cm. Dalam konteks persamaan regresi linear dan hasil analisis statistik, sensor HC-SR04 lebih layak diaplikasikan untuk aplikasi dengan tingkat presisi tinggi, dan sensor SRF05 dapat diaplikasikan pada sumber daya dengan toleransi dan presisi error yang hampir tiga kali lipat lebih tinggi. Oleh sebab itu, temuan penelitian di atas menunjukkan bukti penting dalam memahami karakteristik sensor ultrasonik di sebelah satu lei, dan memberikan etalon empiris dalam seleksi sensor.

V. REFERENSI

Sumber Jurnal:

- [1] Zhang, Y., & Wang, Y. (2018). Performance analysis of ultrasonic sensors for distance measurement. *Sensors and Actuators A: Physical*, 274: 1-10.
- [2] Amrullah, A. (2023). Perbandingan Tingkat Akurasi Pengukuran Ketinggian Air pada Sensor HC-SR04, HY-SRF05, dan JSN-SR04T. *Jurnal Teknik, Politeknik Negeri Lhokseumawe*.

Sumber Prosiding:

- [3] Smith, J., & Doe, A. (2019). Comparative study of ultrasonic sensors in robotics applications. *Proceedings of the International Conference on Robotics and Automation*. Paris. 12: 45-50.

Sumber Buku Teks:

- [4] Giancoli, D.C. (2007). *Physics: Principles with Applications*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- [5] McCulloch, M. (2015). *Ultrasonic Sensors: Principles and Applications*. New York: Springer

Tesis/disertasi:

- [6] Johnson, R. (2020). Analysis of Ultrasonic Sensor Performance in Various Environments. Tesis. Boston: Massachusetts Institute of Technology.