

# Perbandingan Tingkat Akurasi Pengukuran Ketinggian Air pada Sensor HC-SR04, HY-SRF05, dan JSN-SR04T

Agit Amrullah

Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Amikom Yogyakarta

agit@amikom.ac.id

**Abstrak**— Ketinggian air dapat diukur dengan peralatan sensor, baik sensor berjenis induktif, kapasitif, fotolistrik, dan gelombang ultrasonik dengan penggunaan sesuai dengan kebutuhan yang dilihat dari efektifitas dan efisiensi dalam penggunaannya. Saat ini penelitian dalam melakukan pengukuran ketinggian air, mayoritas dilakukan dengan menggunakan sensor ultrasonik yang bekerja dengan perhitungan latensi gelombang yang dipancarkan pada frekuensi 40 kHz hingga 400 kHz. Pada beberapa penelitian yang dilakukan dalam melakukan pengukuran ketinggian air, jenis sensor ultrasonik yang dipergunakan diantaranya bertipe HC-SR04, HY-SRF05, dan JSN-SR04T, namun belum adanya justifikasi secara teknis terkait pemilihan tipe sensor yang dipergunakan. Pada penelitian ini akan dilakukan studi komparasi terhadap pengukuran ketinggian air dengan menggunakan ketiga tipe sensor yang ada. Pengujian dilakukan pada permukaan air setinggi 10 cm hingga 100 cm yang diukur dengan menggunakan alat ukur secara manual dan akan dibandingkan tingkat keakuratan pada ketiga jenis sensor yang dipergunakan dengan hasil sensor ultrasonik dengan tipe HC-SR04 memiliki tingkat pengukuran error terendah 1,03% dan tertinggi adalah JSN-SR04T dengan tingkat error 8,5%. Pada sample data yang didapatkan, pengujian data diuji dengan validitas Cronbach's Alpha dengan Confidence Interfal sebesar 95%.

**Kata kunci**— Mikrocontroller, HC-SR04, HY-SRF05, JSN-SR04T, Ultrasonik.

**Abstract**— The water level can be measured using sensor equipment, both inductive, capacitive, photoelectric, and ultrasonic wave sensors, according to the needs seen from the effectiveness and efficiency of their use. Currently, research in measuring water level is mostly done using ultrasonic sensors that work by calculating the latency of waves emitted at a frequency of 40 kHz to 400 kHz. In several studies conducted to measure water levels, the types of ultrasonic sensors used include the HC-SR04, HY-SRF05, and JSN-SR04T types. However, there is no technical justification regarding the selection of the sensor type used. A comparative study of water level measurements using the three types of existing sensors in this research. The test is carried out on the water surface as high as 10 cm to 100 cm, which is measured using a measuring instrument manually and will compare the level of accuracy on the three types of sensors used with the results of the ultrasonic sensor with the type HC-SR04 having the lowest error measurement rate of 1.03% and the highest is JSN-SR04T with an error rate of 8.5%. In the sample data obtained, the data test was tested with the validity of Cronbach's Alpha with a Confidence Interval of 95%.

**Keywords**— Mikrocontroller, HC-SR04, HY-SRF05, JSN-SR04T, Ultrasonik

## I. PENDAHULUAN

Pengukuran ketinggian air dapat diukur dengan menggunakan perangkat sensor. Fungsi sensor sebagai sebuah alat yang dapat mengubah suatu kejadian yang memiliki nilai (kuantitas) bersifat analog menjadi suatu nilai yang dapat diproses oleh komputer (digital). Nilai parameter yang diproses pada sebuah integrated circuit yang terhubung pada sensor menghasilkan pengukuran yang dapat diteruskan (pipeline) pada pemroses (IC) lainnya sehingga penggunaan sensor dapat mempergunakan lebih dari 1 parameter dalam melakukan perhitungan. Pengukuran suatu nilai yang diperoleh dari sensor dapat menjadi perbandingan dalam pengukuran suatu instrumen ukur dengan harapan tingkat keakuratan nilai dapat secara efektif didapatkan. Pada beberapa penelitian dalam mengukur ketinggian air dapat menggunakan alternatif penggunaan sensor ultrasonik.

Cara kerja sensor ultrasonik adalah dengan mengubah besaran fisis/bunyi menjadi besaran listrik[1]. Bunyi yang dihasilkan dari piezoelektrik pada sensor ultrasonik dengan frekuensi 40 kHz dipancarkan pada suatu obyek kemudian memantul kembali ke arah sensor. Perbedaan waktu yang diperlukan dari pemancaran hingga kembali menjadi dasar perhitungan dari jarak target ke sensor. Gelombang akan berjalan melalui udara dengan kecepatan 340 m/s. Rangkaian penyusun sensor ultrasonik ini terdiri dari transmitter (pemancar), receiver (penerima), dan komparator.

Pada penelitian Fikri et al. (2015), dilakukan pengukuran ketinggian permukaan air dengan menggunakan sensor HC-SR04 dengan tingkat keakuratan 96,48%, pengukuran dengan

menggunakan reflektor pada permukaan air sehingga pantulan berdasarkan reflektor dan tingkat error yang didapatkan sebesar 3,52%[2]. Pada penelitian Chobir et al (2017), pengukuran permukaan air menggunakan sensor JSN-SR04T dari rata-rata error sampel uji ketinggian 10 cm hingga 200cm didapatkan error rata-rata sebesar 0,75%[3]. Penelitian Alawiyah dan Rafi (2017), pengukuran ketinggian air menggunakan sensor HC-SR04 menunjukkan tingkat error 4,92% pada ketinggian permukaan 5cm hingga 25 cm[4].

Sensor ultrasonik memiliki beberapa varian yang ada di pasaran baik tipe HC-SR04, HY-SRF05, dan JSN-SR04T. Sensor ini banyak dipergunakan dikarenakan dapat mendeteksi tingkat perubahan ketinggian air bahkan pada ketinggian terkecil[4], pendeteksian ketinggian air memiliki tingkat error 2,48%[5], dan tingkat akurasi yang cukup tinggi[3]. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui tingkat kinerja dari masing-masing sensor agar dapat mendapatkan sensor ultrasonik dengan tingkat akurasi tertinggi yang dipergunakan pada pendeteksian ketinggian air.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini dipergunakan development board dengan basis mikrocontroller ESP8266 sebagai pemroses utama masukan data dari sensor yang dipergunakan. Komponen yang dipergunakan dalam melakukan pengujian berupa sensor jarak menggunakan basis gelombang ultrasonik dengan tipe sensor HC-SR04, HY-SRF05, dan JSN-SR04T dengan spesifikasi sensor tersebut dapat dilihat pada tabel 1. Sensor ultrasonik adalah salah satu komponen elektronika yang dapat mengubah

energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk gelombang suara ultrasonik[5]. Gelombang yang dipancarkan pada unit pemancar sensor ini dari 40 kHz hingga 400 kHz dan akan diterima pada unit penerima yang mana diproduksi oleh perangkat kristal piezoelectric pada sebuah plat logam yang dipergunakan sebagai pemancar maupun penerima[6]. Saat dipancarkan apabila terhalang oleh obyek maka akanerefleksikan kembali gelombang pantul kepada unit penerima pada sensor. Selanjutnya besaran tenggat waktu akan dijadikan sebagai skala pengukuran jarak dari titik sensor berada ke

obyek. Pantulan gelombang ultrasonik pada perhitungan jarak, dapat dirumuskan pada Persamaan (1) berikut ini :

$$s = \frac{v.t}{2} \tag{1}$$

Dimana :

s = jarak (obyek dengan sensor, dengan satuan m)

t = waktu tempuh (s)

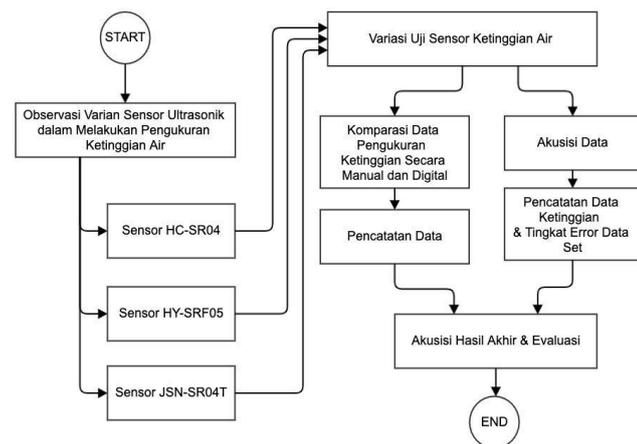
v = kecepatan suara pada udara (340 m/s)

TABEL I  
KOMPARASI SPESIFIKASI SENSOR HC-SR04, HY-SRF05, DAN JSN-SR04T

Type Sensor Ultrasonik	Frekuensi	Jarak Minimum	Jarak Maksimal	Sudut Ukur	Kebutuhan Tegangan	Kebutuhan Arus	Dimesi
HC-SR04 [7]	40 kHz	2 cm	4 m	15°	5v	15mA	45x20x15mm
HY-SRF05 [8]	40 kHz	2 cm	4,5 m	15°	4,5v – 5v	10-40mA	45x20mm
JSN-SR04T [9]	40 kHz	20 cm	6 m	75°	3v – 5v	8mA	42x29x12mm

Sebuah microcontroller yang terdiri dari *memory* (program dan data), *central prossession unit* (CPU), dan setidaknya sebuah modul register serta sebuah memory unit, memiliki mekanisme pemrosesan informasi (input) yang kemudian diproses sehingga menghasilkan luaran(output). Pada penelitian ini, tipe *microcontroller* yang dipergunakan yaitu ESP8266 yang telah terintegrasi pada Wemos D1. Papan pengembang (development board) Wemos D1 memiliki sebuah analog pin, 11 digital pin, clock speed 80MHz/160MHz dan 16MB flash[10]. Spesifikasi ini nantinya akan dipergunakan pada pengukuran sensor HC-SR04, HY-SRF05, dan JSN-SR04T yang terhubung pada pin pada papan pengembang.

Data yang didapatkan kemudian akan dilaksanakan uji validitas dengan menggunakan korelasi Pearson untuk melihat validitas data yang didapatkan. Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.

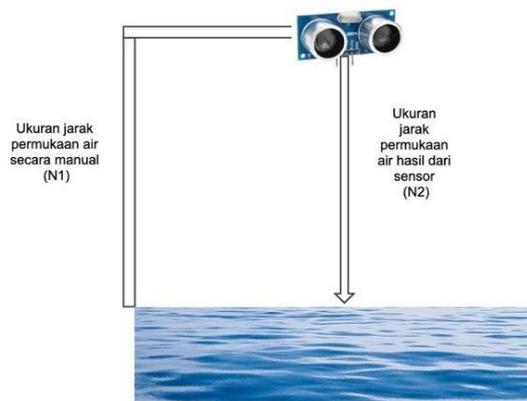


Gambar 1. Flowchart Alur Penelitian

Pengukuran ketinggian air pada penelitian ini, dilakukan dengan melakukan perubahan ketinggian sensor pada permukaan air yang ada pada permukaan air waduk dengan kondisi air sedikit beriak dan bercampur dengan lumut. Kondisi udara dan kelembapan rendah dikarenakan dilakukan pada saat terik matahari.

Pengukuran sensor dilakukan dengan melakukan perubahan posisi ketinggian dilakukan secara manual dari

ketinggian 10 cm hingga 100 cm dari ketinggian permukaan air waduk. Bentuk ilustrasi pengukuran ketinggian air dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi Pengukuran Ketinggian Permukaan Air Pada Permukaan Air Waduk

Bentuk akuisisi data dilakukan dengan menggunakan tool PLX-DAQ[11] dalam mencatat jarak sensor HC-SR04, HY-SRF05, dan JSN-SR04T pada sheet aplikasi Microsoft Excell pada *baud rate* di nilai 9600. Percobaan dilakukan 10 kali pada per pengukuran ketinggian 10 cm dan bertambah secara inkremental per 10 cm hingga 100 cm pada masing-masing sensor baik HC-SR04, HY-SRF05, dan JSN-SR04T. Pada pengukuran yang dilakukan pada sensor ultrasonik JSN-SR04 dimulai dari ketinggian 20 cm, dikarenakan jarak minimum dari sensor ini dimulai pada ketinggian 20 cm. Bentuk contoh pengukuran data yang dilakukan secara *real-time* dapat dilihat pada tabel 2. Tingkat prosentase error dihitung berdasarkan *margin* yang didapat pada jarak nyata (N1) dengan rata-rata hasil ketinggian (N2), tingkat prosentase error dinotasikan pada Persamaan (2) berikut ini :

$$Err(\%) = \frac{(\sum f x) - s}{s} \times 100 \tag{2}$$

Dimana :

n = jumlah percobaan yang dilakukan

s = Jarak nyata (diukur secara manual)

Analisa statistik dipergunakan dalam penelitian ini menggunakan analisa *Standard Error of Measurement* (SEM) yang bertujuan untuk pengukuran reliabilitas data yang didapatkan dari alat ukur yang dipergunakan[12]. Semakin tidak konsisten sebuah hasil pengukuran, maka tes tersebut dapat dikatakan semakin tidak reliabel dan memiliki measurement error yang semakin tinggi. Pengukuran reliabilitas dilakukan salah satunya adalah dengan metode test-retest, yaitu test dengan satu waktu dan mengulangi dengan memberikan tes yang sama dengan rentang waktu tertentu. Rumus pencarian nilai *Standard Error of Measurement* (SEM) dapat dilihat pada Persamaan (3) berikut ini :

$$SEM = SD \sqrt{1 - ICC} \quad (3)$$

Dimana :

SD = standar deviasi dari percobaan 1 - 10

ICC = *intraclass correlation coefficient*

Nilai konsistensi *Intraclass Correlation Coefficient* (ICC) dipergunakan untuk melihat nilai konsistensi alat ukur dengan subjek ketinggian yang dilakukan pencarian [13]. Nilai konsistensi ICC dinotasikan dengan rumus pada Persamaan (4) sebagai berikut :

$$ICC_{consistency} = \frac{\sigma^2 P}{\sigma^2 P + \sigma^2 E} \quad (4)$$

Dimana :

$\sigma^2 P$  = varian perbedaan antar partisipan

$\sigma^2 E$  = varian perbedaan antar nilai acak error

TABEL II  
CONTOH HASIL PENGUKURAN JARAK SECARA REAL-TIME

Jarak (cm) [N1]	Percobaan ke-										Rata-rata Hasil Ketinggian Sensor [N2]	Tingkat Prosentase Error
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
100	101	102	101	102	101	101	101	100	100	100	100,9	0,90%
90	89	90	89	89	88	89	90	89	90	89	89,2	0,89%
80	80	79	79	80	79	80	79	80	80	79	79,5	0,63%
70	72	71	72	72	70	71	70	70	69	70	70,7	1,00%
60	60	61	60	60	61	61	60	60	61	60	60,4	0,67%
50	51	51	49	50	49	50	51	50	50	50	50,1	0,20%
40	39	40	40	41	41	40	41	40	41	41	40,4	1,00%
30	30	30	30	31	30	31	31	31	30	30	30,4	1,33%
20	20	20	20	21	21	21	20	21	20	20	20,4	2,00%
10	10	11	10	11	10	10	10	9	9	10	10	0,00%

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

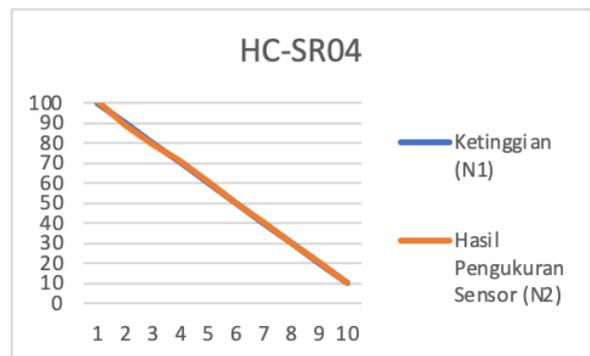
Hasil uji pengukuran ketinggian permukaan air dengan menggunakan sensor HC-SR04 menghasilkan tingkat rata-rata error yang didapatkan sebesar 1,03% dengan nilai rata-rata margin yang didapatkan sebesar 0,2 cm pada pengukuran ketinggian 10 cm hingga 100 cm, dengan tingkat keakuratan optimal pada jarak ketinggian 10 cm pada pengukuran ketinggian permukaan air. Tingkat error tertinggi terletak antara ketinggian 20 cm atau tingkat error sebesar 2% dengan nilai margin sebesar 0,4 cm hingga ketinggian 40 cm dengan nilai margin sebesar 0,4 cm.

Pada data margin yang didapatkan, kesalahan pada pengukuran ketinggian air lebih mengarah kepada nilai positif, sehingga hal ini menunjukkan mayoritas kesalahan keakuratan pengukuran menunjukkan nilai lebih berbanding pada nilai pada ketinggian jarak nyata (N1). Meskipun jarak minimum pada sensor HC-SR04 ini adalah 2 cm, namun pada jarak ketinggian permukaan air ke sensor sejauh 10 cm menunjukkan tingkat keakuratan pada nilai yang didapatkan adalah yang paling tertinggi, hal ini menunjukkan sensor HC-SR04 memiliki keunggulan setidaknya pada perhitungan jarak 0 cm sampai 10 cm.

Data hasil pengujian yang didapatkan pada percobaan sebanyak 10 kali pada setiap ketinggian permukaan air ke sensor dapat dilihat pada tabel 3 dan grafik pengukuran ketinggian air sensor HC-SR04 berbanding dengan ketinggian nyata dapat dilihat pada gambar 3.

TABEL III  
HASIL PENGUJIAN PADA SENSOR HC-SR04

Jarak (cm)	Rata-rata Hasil Ketinggian Sensor	Margin	Tingkat Prosentase Error
100	100,90	0,9	0,90%
90	89,20	-0,8	0,89%
80	79,50	-0,5	0,63%
70	70,70	0,7	1,00%
60	60,40	0,4	0,67%
50	50,10	0,1	0,20%
40	40,40	0,4	1,00%
30	30,40	0,4	1,33%
20	20,40	0,4	2,00%
10	10,00	0	0,00%



Gambar 3. Grafik Pengukuran Ketinggian Pada Sensor SC-SR04 (N2) Berbanding Pengukuran Nyata (N1)

Hasil uji pengukuran ketinggian permukaan air dengan menggunakan sensor HY-SRF05 menunjukkan tingkat rata-rata error sebesar 1,44% dengan nilai rata-rata margin yang

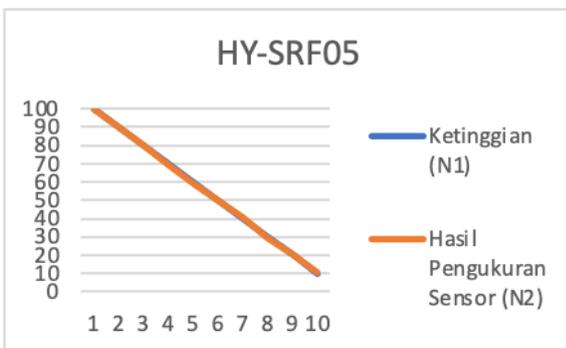
didapatkan sebesar 0,04 cm pada tingkat ukuran ketinggian 10 cm hingga 100 cm dari ketinggian permukaan air ke sensor HY-SRF05.

Akurasi pengukuran dengan tingkat presisi tertinggi ditunjukkan pada ketinggian permukaan air dengan sensor berjarak 20 cm. Akurasi paling rendah pada jarak ketinggian permukaan air ke sensor berjarak 10 cm atau tingkat error sebesar 7% dengan nilai margin sebesar 0,7 cm. Pada ketinggian permukaan air ke sensor dengan jarak antara 30 cm hingga 40 cm menunjukkan rentang error tinggi dengan tingkat error rata-rata 2,12% atau dengan nilai margin rata-rata sebesar 0,75 cm.

Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4, rata-rata error tertinggi mengarah kepada nilai negatif dengan rata-rata nilai error negatif pada -0,48 cm dari nilai ketinggian nyata (N1) atau menunjukkan nilai sebesar 0,91% pada tingkat rata-rata prosentase error yang didapatkan. Grafik pengukuran ketinggian air sensor HY-SRF05 berbanding dengan ketinggian nyata dapat dilihat pada gambar 4.

TABEL IV  
HASIL PENGUJIAN PADA SENSOR HY-SRF05

Jarak (cm)	Rata-rata Hasil Ketinggian Sensor	Margin	Tingkat Prosentase Error
100	99,70	-0,3	0,30%
90	89,70	-0,3	0,33%
80	80,30	0,3	0,37%
70	69,60	-0,4	0,57%
60	59,20	-0,8	1,33%
50	50,10	0,1	0,20%
40	40,90	0,9	2,25%
30	29,40	-0,6	2,00%
20	20,00	0	0,00%
10	10,70	0,7	7,00%



Gambar 4. Grafik Pengukuran Ketinggian Pada Sensor HY-SRF05 (N2) Berbanding Pengukuran Nyata (N1)

Pada sensor JSN-SR04T, menunjukkan tingkat rata-rata error pada pengukuran ketinggian dari permukaan air ke sensor memiliki rata-rata error sebesar 1,44% atau margin rata-rata sebesar 0,20 cm pada tingkat ukuran ketinggian 10 cm hingga 100 cm dari ketinggian permukaan air ke sensor JSN-SR04T.

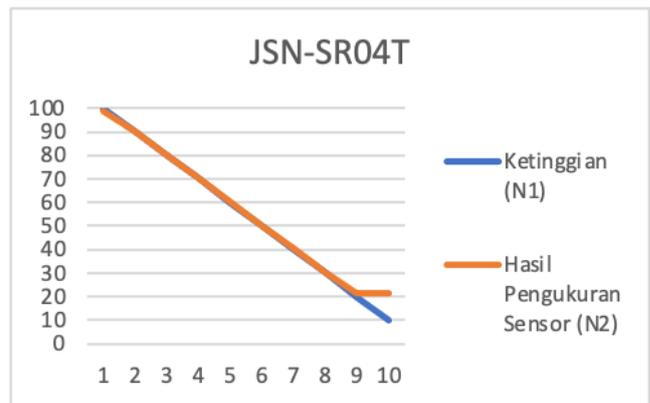
Akurasi pengukuran dengan tingkat presisi tinggi adalah pada ketinggian 90 cm dengan tingkat rata-rata prosentase error sebesar 0,11% atau dengan margin sebesar 0,1 cm. Akurasi terendah dengan error tertinggi adalah pada pengukuran ketinggian 20 cm dari permukaan air ke sensor dengan tingkat error sebesar 8,5% atau dengan margin sebesar -1,7 cm. Pada mayoritas nilai error yang didapatkan, nilai margin rata-rata lebih mengarah kepada nilai negatif dari jarak nyata (N1) yaitu

dari ketinggian permukaan air ke sensor JSN-SR04T 20 cm hingga 70 cm, sedangkan pada ketinggian 80 cm hingga 100 cm nilai margin rata-rata lebih mengarah kepada nilai positif.

Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 5 dan grafik pengukuran ketinggian air sensor JSN-SR04T berbanding dengan ketinggian nyata dapat dilihat pada gambar 5.

TABEL V  
HASIL PENGUJIAN PADA SENSOR JSN-SR04T

Jarak (cm)	Rata-rata Hasil Ketinggian Sensor	Margin	Tingkat Prosentase Error
100	98,80	1,20	1,20%
90	89,90	0,10	0,11%
80	79,90	0,10	0,12%
70	70,20	-0,20	0,29%
60	60,60	-0,60	1,00%
50	50,20	-0,20	0,40%
40	40,40	-0,40	1,00%
30	30,10	-0,10	0,33%
20	21,70	-1,70	8,50%
10	-	1,20	-



Gambar 5. Grafik Pengukuran Ketinggian Pada Sensor JSN-SR04T (N2) Berbanding Pengukuran Nyata (N1)

Data yang didapatkan kemudian dilakukan uji reliabilitas yang dipergunakan dalam melihat konsistensi sensor HC-SR04, HY-SRF05, dan JSN-SR04T yang dipergunakan. Hasil dari uji validitas menggunakan analisis *Cronbach's Alpha* dengan *Confidence Interval* sebesar 95% dapat dilihat pada tabel 6.

TABEL VI  
HASIL PENGUJIAN RELIABILITAS MENGGUNAKAN ANALISA INTRACLASS CORRELATION COEFFICIENT (ICC)

Tipe Sensor	Cronbach's Alpha	Intraclass Correlation
1	0,998	0,994
2	0,998	0,995
3	0,998	0,994
4	0,998	0,995
5	0,998	0,995
6	0,998	0,995
7	0,998	0,995
8	0,998	0,995
9	0,998	0,995
10	0,998	0,995

Hasil pengukuran reliabilitas dengan menggunakan analisa *Intraclass Correlation Coefficient* (ICC) pada tabel 6

menunjukkan tingkat pengukuran dengan hasil baik atau diatas 0,750. Pengukuran tingkat *reliability* dengan menggunakan analisa *Standard Error of Measurement (SEM)* dari pengukuran ketinggian yang dilakukan didapati nilai yang dapat dilihat pada hasil dibawah ini :

$$SEM(\%) = 28,018 \sqrt{1 - 0,955}$$
$$SEM(\%) = 2,02$$

#### IV. KESIMPULAN

Pengujian hasil pengukuran ketinggian permukaan air pada permukaan air waduk dengan sensor ultrasonik dengan tipe HC-SR04, HY-SRF05, dan JSN-SR04T menunjukkan hasil komparasi akurasi sensor yang berbeda-beda. Pada tingkat akurasi tertinggi pada sensor ultrasonik dengan tipe HC-SR04 dengan tingkat error rata-rata terendah, yaitu pada nilai 1,03% dari jarak pengukuran ketinggian 10 cm hingga 100 cm dengan 10 kali pencatatan data ketinggian yang didapatkan. Sedangkan sensor ultrasonik dengan tingkat akurasi terendah adalah pada sensor ultrasonik dengan tipe JSN-SR04T dengan tingkat error tertinggi yaitu pada nilai 8,50%. Dari penelitian uji komparasi yang telah dilaksanakan, tingkat standar pengukuran error (SEM) pada reliabilitas data sensor yaitu pada nilai rendah yaitu 2,02%, maka dari itu untuk pengaplikasian pengukuran ketinggian air dengan rentang 10 hingga 100 cm yang disarankan adalah penggunaan sensor ultrasonik dengan tipe HC-SR04.

#### REFERENSI

- [1] U. M. Arief, "Pengujian Sensor Ultrasonik PING untuk Pengukuran Level Ketinggian dan Volume Air," vol. 09, p. 6, 2011.
- [2] R. Fikri, B. P. Lapanporo, and M. I. Jumarang, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Ketinggian Permukaan Air Menggunakan Mikrokontroler

- ATMEGA328P Berbasis Web Service," POSITRON, vol. 5, no. 2, Nov. 2015, doi: 10.26418/positron.v5i2.11666.
- [3] A. Chobir, A. Andang, and N. Hiron, "Sistem Deteksi Elevasi Permukaan Air Sungai Dengan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino," p. 7, 2017.
- [4] A. Alawiah and A. Rafi Al Tahtawi, "Sistem Kendali dan Pemantauan Ketinggian Air pada Tangki Berbasis Sensor Ultrasonik," KOPERTIP J. Ilm. Manaj. Inform. Dan Komput., vol. 1, no. 1, pp. 25–30, 2017, doi: 10.32485/kopertip.v1i1.7.
- [5] H. Purwanto, M. Riyadi, and D. W. W. Astuti, "Komparasi Sensor Ultrasonik Hc-Sr04 Dan Jsn-Sr04t Untuk Aplikasi Sistem Deteksi Ketinggian Air," vol. 10, no. 2, p. 8, 2019.
- [6] R. Shaputra, "Kran Air Otomatis Pada Tempat Berwudhu Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Uno," SIGMA Tek., vol. 2, no. 2, p. 192, Nov. 2019, doi: 10.33373/sigma.v2i2.2085.
- [7] elecfraks.com, "Ultrasonic Ranging Module HC - SR04." Accessed: Mar. 25, 2021. [Online]. Available: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf>.
- [8] datasheetpdf.com, "HY-SRF05 Precision Ultrasonic Sensor." Accessed: Mar. 25, 2021. [Online]. Available: <https://datasheetpdf.com/pdf-file/813041/ETC/HY-SRF05/1>.
- [9] jahankit.ir, "JSN-SR04T-2.0." Accessed: Mar. 25, 2021. [Online]. Available: <https://www.jahankitshop.com/getattach.aspx?id=4635&Type=Product>.
- [10] R. K. Kodali and A. Sahu, "An IoT based weather information prototype using WeMos," in 2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I), Greater Noida, India, Dec. 2016, pp. 612–616, doi: 10.1109/IC3I.2016.7918036.
- [11] Sarwar, Bajwa, Jamil, Ramzan, and Sarwar, "An Intelligent Fire Warning Application Using IoT and an Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System," Sensors, vol. 19, no. 14, p. 3150, Jul. 2019, doi: 10.3390/s19143150.
- [12] J. Jaworski et al., "Absolute and relative reliability of several measures of static postural stability calculated using a GYKO inertial sensor system," Acta Bioeng. Biomech., vol. 22, no. 2, 2020, doi: 10.37190/ABB-01502-2019-02.S. Haghayegh, H.-A. Kang, S. Khoshnevis, M. H. Smolensky, and K. R. Diller, "A comprehensive guideline for Bland–Altman and intra class correlation calculations to properly compare two methods of measurement and interpret findings," Physiol. Meas., vol. 41, no. 5, p. 055012, Jun. 2020, doi: 10.1088/1361-6579/ab86d6.