

# Komparasi Performansi Sensor sebagai Perangkat Pengukuran Ketinggian Air pada Sistem Notifikasi Banjir

## Sensors Performance Comparison as Water Level Measurement Device of Flood Warning System

Parama Diptya Widayaka<sup>1\*</sup>, Sirojul Hadi<sup>2</sup>, Radimas Putra Muhammad Davi Labib<sup>3</sup>, Khairan Marzuki<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Teknik Elektro, Universitas Negeri Surabaya

<sup>2,4</sup>Teknologi Informasi, Universitas Bumigora

<sup>3</sup>Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Malang

paramawidayaka@unesa.ac.id<sup>1\*</sup>, sirojulhadi@universitasbumigora.ac.id<sup>2</sup>, radimas@lecturer.itn.ac.id<sup>3</sup>,

khairan.marzuki@universitasbumigora.ac.id<sup>4</sup>

Submitted: 08 Juni 2022, Revised: 22 Juni 2022, Accepted: 28 Juni 2022

**Abstrak** – Banjir merupakan salah satu kejadian alamiah yang dapat terjadi kapan saja dan dapat mempengaruhi lingkungan. Faktor yang mempengaruhi banjir seperti contohnya kapasitas sungai yang tidak dapat mengakomodasi debit air dan menyebabkan air meluap ke area di sekitarnya. Indonesia merupakan salah satu negara di Asia Tenggara yang memiliki tingkat curah hujan yang tinggi dan sering terjadi banjir di beberapa daerah. Di beberapa tempat, banjir dapat meluap di jalan menuju pemukiman penduduk dan merugikan warga karena kurangnya informasi peringatan dan pemberitahuan tentang status ketinggian air sungai di daerah tersebut. Mengacu pada kasus ini, sistem peringatan banjir harus diterapkan untuk memberikan informasi tentang status ketinggian air kepada warga. Sensor harus diterapkan di dalam sistem peringatan dini untuk membaca dan mengukur ketinggian air di dalam sungai dan sistem akan mengirimkan pemberitahuan kepada warga tergantung pada ketinggian air sehingga warga dapat bersiap jika banjir terjadi kapan saja. Sistem yang menggunakan sensor jarak untuk mendeteksi ketinggian air dan mikrokontroler akan mengolah data ketinggian air menjadi beberapa tahap. Pada artikel ini, kami membandingkan kinerja sensor ketinggian air sebagai alat pengukur untuk memberikan akuisisi data ketinggian air terbaik. Hasilnya, sensor ultrasonik HC-SR04 menghasilkan akurasi sebesar 98,86% dan sensor LIDAR VL53L0X menghasilkan akurasi sebesar 88,95% pada proses pengukuran ketinggian air.

**Kata Kunci:** banjir, sistem peringatan banjir, sensor, arduino, ultrasonik, LIDAR.

**Abstract** – Flood is one of natural phenomenon that can happen anywhere and can affect the environment. The occurrence of flood in an area can cause an environmental damage. Many factors can cause flooding, including the capacity of the river that not able to accommodate the water discharge and cause water to overflow into the surrounding area. Indonesia is one of the countries in Southeast Asia that has high levels of rainfall and often occurred floods in several areas. In some places, flood can overflow on the road to residential areas and cause loss for the residents because the lack of warning information and notification about water level status of the river in the areas. Refer to this case, a flood early warning system should be applied to give information about water level status to the residents. Sensor should be applied inside the early warning system to read and measure the height of water inside the river and the system will send a notification to the residents depend on level of water so that the residents are well prepared if flood occurred anytime. The system using distance sensor to detect the height of the water and a microcontroller will process the data into several stage of water height. In this article, we compare the performance of water level sensor as measurement device to give the best data acquisition of the height of water. As a result, the ultrasonic sensor gives an accuration value of 98,86%% and the LIDAR sensor gives an accuration value of 89,95% in the measurement process of the height of the water.

**Keywords:** flood, flood warning system, sensor, arduino, ultrasonic, LIDAR.

## 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang berada di Asia Tenggara dengan jumlah pulau yang banyak sekitar kurang lebih 17.000 pulau. Indonesia juga terkenal karena keberanekaragaman yang dimiliki dimulai dari sumber daya alam hingga budaya yang heterogen. Berdasarkan letak negara Indonesia yang berada di garis khatulistiwa mengakibatkan Indonesia memiliki iklim tropid dimana hanya ada dua musim setiap tahunnya, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Dengan adanya iklim tersebut, Indonesia memiliki intensitas curah hujan yang sangat tinggi dan sangat bermanfaat untuk sistem irigasi pertanian dan sumber cadangan air tanah[1]. Dewasa ini, perkembangan infrastruktur di Indonesia cukup pesat dan dengan adanya hal tersebut juga mempengaruhi kondisi lingkungan sekitar. Banyak gedung-gedung dibangun di lingkungan yang berfungsi sebagai daerah penyerapan air sehingga area yang seharusnya dapat menjadi daerah resapan air tidak berfungsi sebagaimana mestinya dan mengakibatkan air tidak terserap secara optimal jika terjadi luapan sehingga hal tersebut juga dapat menjadi pemicu terjadinya banjir. Berdasarkan berita yang ditulis pada media online di website [surabaya.tribunnews.com](http://surabaya.tribunnews.com), terjadi banjir di daerah Pamekasan, Madura yang diakibatkan karena hujan lebat yang mengguyur kota Pamekasan sehingga mengakibatkan meluapnya aliran sungai ke jalan dan ke daerah pemukiman penduduk. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh [2], terdapat beberapa jenis banjir antara lain, 1) Banjir sungai dimana banjir ini diakibatkan kapasitas sungai yang tidak dapat menampung volume air yang disebabkan oleh curah hujan tinggi pada suatu daerah, 2) Banjir bandang dimana banjir ini terjadi akibat rusaknya atau tidak optimalnya daya tamping waduk atau bendungan, 3) Banjir pesisir dimana terjadi akibat naiknya permukaan laut yang dapat disebabkan oleh tsunami karena gempa bumi, angin topan atau badai tropis.

Untuk meminimalisir kerugian yang diakibatkan oleh banjir dapat dilakukan tindakan preventif. Salah satu cara tindakan preventif tersebut dapat berupa memberikan informasi atau pengumuman terkait debit ketinggian air sungai secara cepat ke penduduk sekitar [3]. Banyak penelitian yang telah dilakukan terkait transmisi informasi peringatan dini banjir seperti contohnya penelitian yang telah dilakukan oleh [4]–[9] tentang pemanfaatan teknologi IoT dalam mengirimkan informasi peringatan dini banjir. Selain memanfaatkan teknologi IoT, beberapa peneliti melakukan percobaan dengan mengirimkan informasi banjir menggunakan media SMS seperti yang telah dilakukan oleh [10]–[13]. Pada artikel ini dilakukan penelitian yang berkaitan dengan sistem peringatan banjir namun yang dibahas pada artikel ini lebih menekankan pada perbandingan performa penggunaan beberapa sensor yang diterapkan pada sistem peringatan banjir dalam mengukur ketinggian air.

## 2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini lebih menekankan pada proses pembacaan sensor dalam mengukur jarak antara sensor dengan objek yang akan diukur dalam hal ini mengukur ketinggian air. Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dimulai dari studi literatur, kemudian dilanjutkan perancangan dan implementasi pembacaan sensor dimana pada tahap perancangan terdapat dua proses yang dilakukan yaitu perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak dalam mengakses sensor.

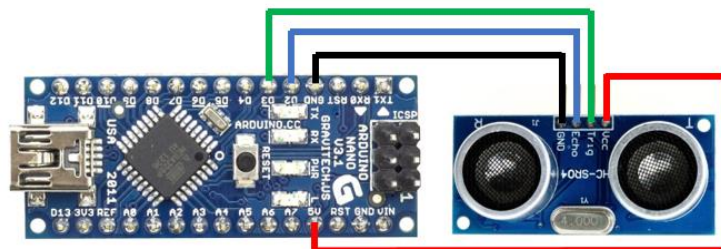
### 2.1. Perancangan Perangkat Keras

Dalam perancangan sistem peringatan banjir menggunakan beberapa komponen yang tersusun oleh mikrokontroler, perangkat input berupa sensor, perangkat output yang dapat berupa tampilan layar ataupun indicator seperti LED, buzzer atau speaker. Adapun sistem peringatan banjir dapat ditambahkan fitur pengiriman data atau informasi seperti perangkat Bluetooth maupun menggunakan sistem IoT agar informasi dapat dibaca dan diterima oleh pengguna di lingkungan sekitar. Namun pada penelitian kali ini menitikberatkan pada proses pembacaan data sensor sehingga untuk komponen-komponen tersebut dapat diabaikan terlebih dahulu. Pada perancangan perangkat keras menggunakan mikrokontroler Arduino dan beberapa sensor jarak

atau ketinggian. Sensor yang digunakan pada penelitian ini menggunakan dua buah sensor yaitu, sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor Time of Flight VL53L0X.

**2.1.1. Perancangan Perangkat Keras Sensor Ultrasonik HC-SR04**

Dalam pembuatan sistem peringatan banjir digunakan sensor yang dapat mengukur ketinggian air sebagai parameter level ketinggian air yang terdeteksi oleh sensor. Dari sensor tersebut nantinya dapat ditentukan status atau level ketinggian air sebagai informasi yang kemudian dapat diterima para penduduk atau pengguna dalam memonitor ketinggian air sebagai bentuk tindakan preventif dalam menanggulangi bencana banjir. Biasanya status ketinggian air dibagi menjadi beberapa level ketinggian dan yang paling umum dibagi menjadi 3 level, yaitu level aman, waspada, dan bahaya. Level tersebut ditentukan oleh pembacaan data sensor dalam membaca jarak atau ketinggian sensor terhadap permukaan air yang kemudian tersebut diolah menjadi batasan atau rentang level status ketinggian air. Pada perancangan perangkat keras yang pertama digunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dengan skema rangkaian yang dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Rangkaian Interface Sensor HC-SR04

Pada Gambar 1. terlihat interface sensor ultrasonic HC-SR04 yang disambungkan ke mikrokontroler Arduino Nano dengan mengikuti sambungan pin pada table berikut:

Tabel 1. Koneksi pin Arduino nano dan sensor HC-SR04

No	Pin Arduino Nano	Pin HC-SR04
1	5V	VCC
2	GND	GND
3	D2	Echo
4	D3	Trig

Sensor HC-SR04 merupakan sensor jarak yang memanfaatkan mekanisme pemantulan gelombang suara ultrasonik. Sensor ini memiliki rangkaian yang berfungsi untuk memancarkan suara ultrasonic dinamakan *transmitter* dan terdapat penerima yang dinamakan *receiver* [14]. Rumus yang digunakan dalam menentukan jarak dari sensor terhadap objek dapat dilihat pada persamaan (1) berikut ini:

$$Jarak = kecepatan\ suara \times T/2 \tag{1}$$

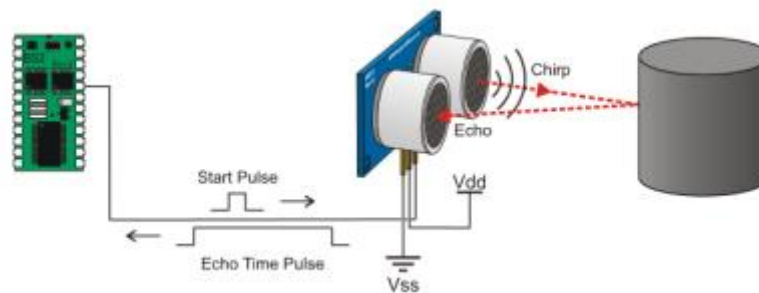
Dimana,

Kecepatan suara = 343 m/s

T = waktu tempuh saat sinyal ultrasonic dipantulkan dari transmitter dan kembali diterima oleh receiver

Pembagi 2 = nilai pembagi yang dibutuhkan karena T merupakan waktu tempuh dari *transmitter* hingga mengenai objek dan memantul kembali mengenai *receiver*.

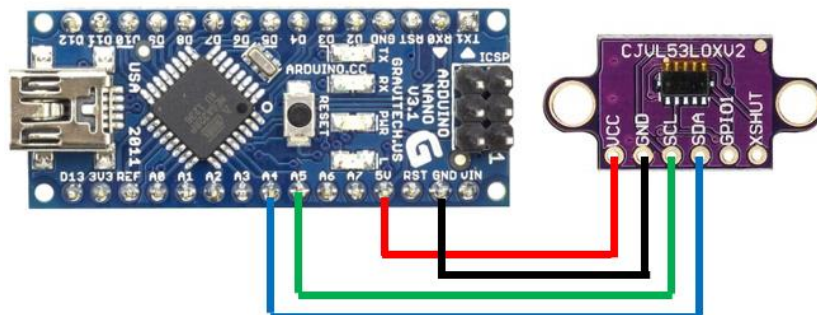
Gambar 2 merupakan ilustrasi bagaimana prinsip kerja dari sensor HC-SR04 dalam mendeteksi jarak dengan memantulkan suara ultrasonic dari transmitter yang kemudian dipantulkan kembali oleh objek menuju receiver.



Gambar 2. Prinsip Kerja Sensor HC-SR04

**2.1.2. Perancangan Perangkat Keras Sensor LIDAR VL53L0X**

Selain menggunakan sensor HC-SR04, dalam mendeteksi jarak sensor terhadap objek dapat digunakan sensor VL53L0X. Sensor VL53L0X merupakan sensor LIDAR (*Light Detection and Ranging*) dimana sensor ini merupakan sensor jarak jauh yang memanfaatkan cahaya sinar laser untuk mendapatkan informasi tentang jarak suatu objek [15]. Penggunaan sensor LIDAR VL53L0X tidak hanya digunakan sebagai pendeteksi jarak namun dapat dimanfaatkan juga sebagai sensor untuk *scanner 3D* seperti penelitian yang telah dilakukan oleh [16] dimana sensor VL53L0X digunakan untuk membaca dan mendeteksi bentuk atau kontur dari suatu objek.



Gambar 3. Rangkaian Interface Sensor LIDAR VL53L0X

Sensor VL53L0X dapat digunakan dengan menggunakan komunikasi I2C dalam pembacaan data sensornya. Pada Arduino sudah tersedia library yang dapat digunakan untuk mengakses sensor VL53L0X sehingga pengguna dapat dengan mudah mengakses atau mengolah data dari sensor tersebut karena data pembacaan sensor sudah berupa data matang dengan satuan milimeter (mm). Pada penelitian ini, satuan millimeter (mm) dikonversi kedalam satuan sentimeter (cm) agar data yang diolah sama dengan data sensor HC-SR04. Untuk koneksi sensor VL53L0X terhadap Arduino dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Koneksi pin Arduino nano dan sensor VL53L0X

No	Pin Arduino Nano	Pin VL53L0X
1	5V	VCC
2	GND	GND
3	A4	SDA
4	A5	SCL

**2.1.3. Perencanaan Perancangan Sistem Notifikasi Banjir**

Pada penelitian ini masih membahas tentang kinerja atau performa sensor yang akan digunakan dalam pembuatan sistem notifikasi banjir yaitu sensor HC-SR04 dan VL53L0X. Untuk kedepannya bisa diaplikasikan atau dirancang sebuah sistem notifikasi banjir secara lengkap dan sederhana dengan menggunakan sensor yang telah direkomendasikan pada penelitian ini untuk mengukur ketinggian air, serta sebuah mikrokontroler Arduino dan perangkat monitoring seperti LCD, juga dapat ditambahkan komponen SIM800L dalam membantu mengirimkan data ketinggian air sungai. Perangkat ini nantinya diharapkan bisa dipasang di lokasi tertentu dan dengan adanya perangkat SIM800L dapat menggantikan peran ESP32 atau sejenisnya karena tidak semua wilayah mampu ter-cover dengan jaringan internet yang memadai sehingga penggunaan data seluler dari SIM800L masih bisa dioptimalkan.

**3. Hasil dan Pembahasan**

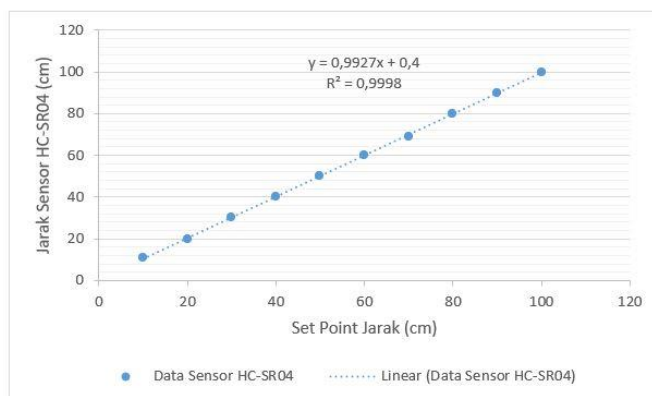
Pada penelitian ini dilakukan percobaan terhadap dua sensor jarak HC-SR04 dan VL53L0X dalam mendeteksi jarak benda. Dalam skenario percobaan, objek yang digunakan untuk mengukur jarak adalah objek plastik atau pejal yang diasumsikan sebagai air untuk dimanfaatkan sebagai simulasi pendeteksian jarak sensor terhadap ketinggian air.

**3.1. Percobaan Menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04 (Objek Benda)**

Pada percobaan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, objek diletakkan didepan sensor dan diberikan alat ukur untuk mengetahui jarak referensi yang sudah ditentukan dan akan diamati data pembacaan sensor pada jarak tertentu. Percobaan dilakukan dengan memindahkan objek dengan step penambahan jarak terhadap sensor sebesar 10cm seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Data jarak yang diambil dibatasi hingga 100cm. Waktu yang diberikan dalam pembacaan data sensor setiap stepnya (kenaikan 10cm) selama 10 detik. Tabel 3 merupakan tabel percobaan pembacaan data jarak sensor terhadap objek dengan selisih kenaikan jarak sebesar 10cm.

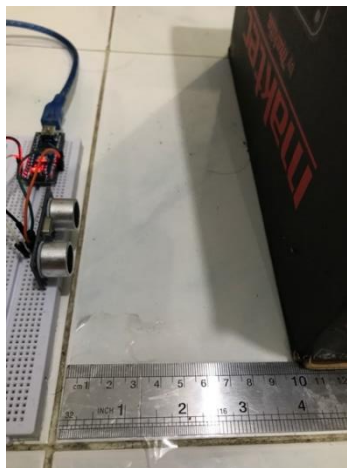
Tabel 3. Hasil Percobaan menggunakan Sensor HC-SR04

No	Set Point Jarak (cm)	Data Sensor HC-SR04 (cm)	Error (%)
1	10	11	10
2	20	20	0
3	30	30	0
4	40	40	0
5	50	50	0
6	60	60	0
7	70	69	1,43
8	80	80	0
9	90	90	0
10	100	100	0
Rata-rata error			1,14



Gambar 4. Grafik Pengujian Sensor HC-SR04

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 3, didapatkan hasil bahwa pengukuran sensor HC-SR04 telah mendekati jarak dari *set point* dengan rata-rata kesalahan pengukuran sensor yaitu 1,14%. Akurasi pengukuran sensor jarak HC-SR04 yaitu 98,86%. Pada Gambar 4 menunjukkan nilai jarak yang dihasilkan oleh sensor sudah sangat baik dengan linieritas 0,9998 sehingga dapat membuktikan bahwa nilai jarak dari sensor sudah mendekati nilai sebenarnya.



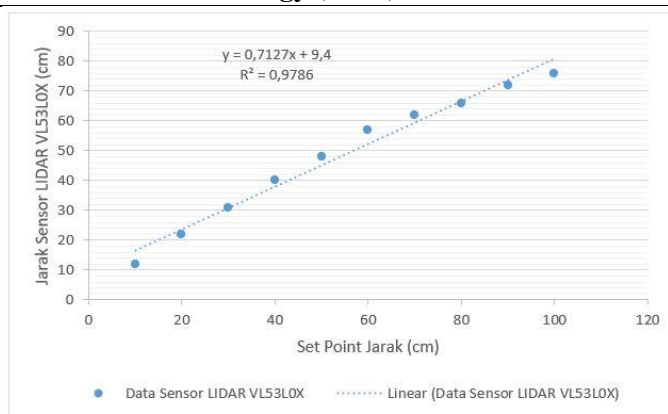
Gambar 5. Hardware Arduino Nano dan sensor HC-SR04

### 3.2. Percobaan Menggunakan Sensor LIDAR VL53L0X (Objek Benda)

Sama seperti percobaan yang dilakukan dengan menggunakan sensor HC-SR04, pada percobaan menggunakan sensor LIDAR VL53L0X objek diletakkan tepat didepan sensor dengan diberikan alat ukur untuk mengetahui jarak referensi yang sudah ditentukan dan akan diamati data pembacaan sensor pada jarak tertentu. Percobaan dilakukan dengan memindahkan objek dengan step penambahan jarak terhadap sensor sebesar 10cm seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Data jarak yang diambil dibatasi hingga 100cm. Waktu yang diberikan dalam pembacaan data sensor setiap stepnya (kenaikan 1cm) selama 10 detik. Tabel 4 merupakan grafik percobaan pembacaan data jarak sensor terhadap objek dengan step penambahan jarak objek terhadap sensor sebesar 10cm.

Tabel 4. Hasil Percobaan menggunakan Sensor LIDAR VL53L0X

No	Set Point (cm)	Data Sensor LIDAR VL53L0X (cm)	Error (%)
1	10	12	20
2	20	22	10
3	30	31	3,33
4	40	40	0
5	50	48	4
6	60	57	5
7	70	62	11,43
8	80	66	17,5
9	90	72	20
10	100	76	24
Rata-rata error			11,53



Gambar 6. Grafik Pengujian Sensor LIDAR VL53L0X



Gambar 7. Hardware Arduino Nano dan sensor LIDAR VL53L0X

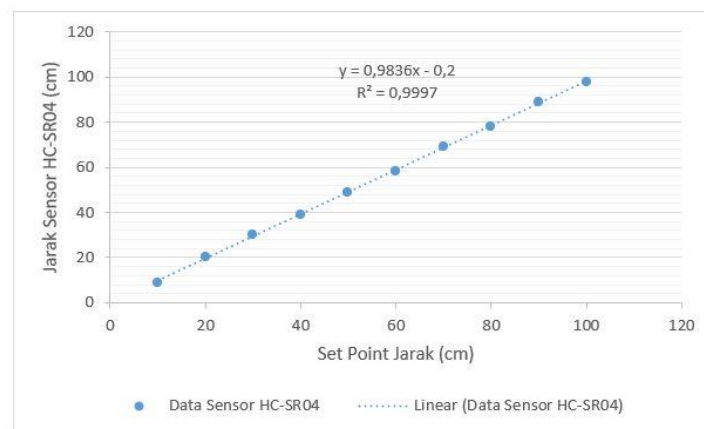
Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4 maka didapatkan hasil bahwa pengukuran jarak menggunakan sensor LIDAR VL53L0X sudah mendekati nilai sebenarnya dengan rata-rata nilai kesalahan pengukuran sensor sebesar 11,05%. Akurasi pengukuran sensor jarak LIDAR VL530X yaitu 88,95%.

### 3.3. Percobaan Menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04 (Objek Air)

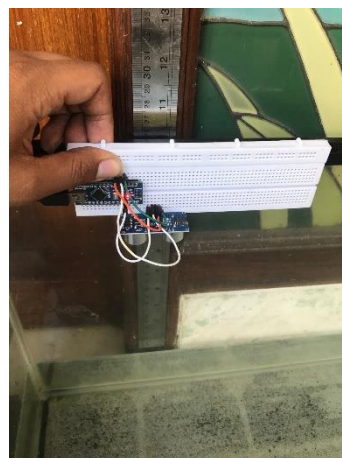
Pada percobaan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, sensor diletakkan diatas permukaan air dan diberikan alat ukur untuk mengetahui jarak referensi yang sudah ditentukan untuk diamati data pembacaan sensor pada jarak tertentu. Percobaan dilakukan dengan memindahkan sensor dengan step penambahan jarak terhadap sensor sebesar 10cm seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Data jarak yang diambil dibatasi hingga 100cm. Waktu yang diberikan dalam pembacaan data sensor setiap stepnya (kenaikan 10cm) selama 10 detik. Pada Tabel 5 menunjukkan percobaan pembacaan data jarak sensor terhadap objek dengan selisih kenaikan jarak sebesar 10cm.

Tabel 5. Hasil Percobaan menggunakan Sensor HC-SR04

No	Set Point (cm)	Data Sensor HC-SR04 (cm)	Error (%)
1	10	9	10
2	20	20	0
3	30	30	0
4	40	39	2,5
5	50	49	2
6	60	58	3,33
7	70	69	1,43
8	80	78	2,5
9	90	89	1,11
10	100	98	2
Rata-rata error			2,49



Gambar 8. Grafik hasil pengukuran sensor jarak HC-SR04 pada objek air



Gambar 9. Hardware Arduino Nano dan sensor HC-SR04

### 3.4. Percobaan Menggunakan Sensor LIDAR VL53L0X (Objek Air)

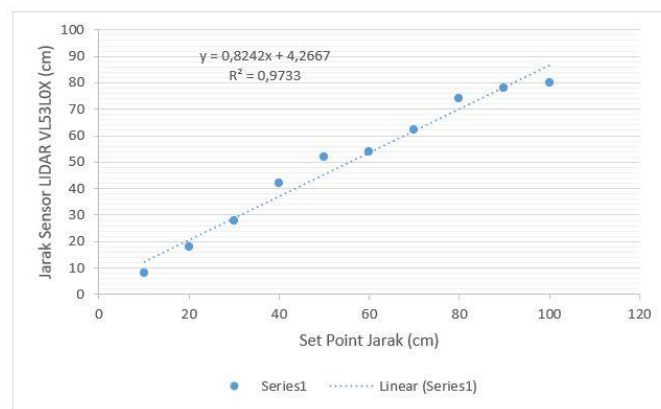
Sama seperti percobaan yang dilakukan dengan menggunakan sensor HC-SR04, pada percobaan menggunakan sensor LIDAR VL53L0X sensor diletakkan tepat diatas permukaan air dengan diberikan alat ukur untuk mengetahui jarak referensi yang sudah ditentukan dan akan diamati data pembacaan sensor pada jarak tertentu. Percobaan dilakukan dengan memindahkan objek dengan step penambahan jarak terhadap sensor sebesar 10cm seperti ditunjukkan pada Gambar 11. Data jarak yang diambil dibatasi hingga 100cm. Waktu yang diberikan dalam pembacaan data sensor setiap stepnya (kenaikan 1cm) selama 10 detik. Tabel 6



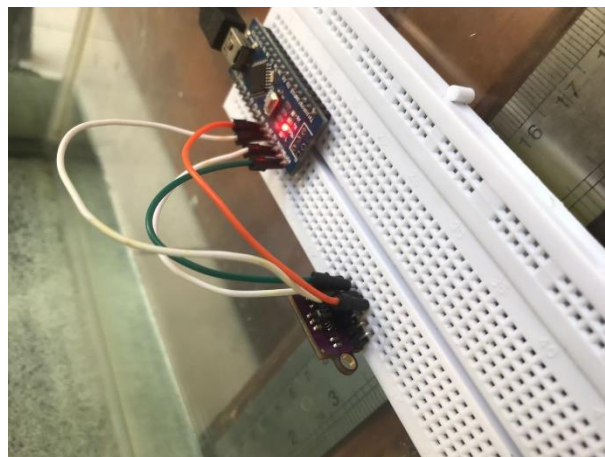
merupakan grafik percobaan pembacaan data jarak sensor terhadap objek dengan step penambahan jarak objek terhadap sensor sebesar 10cm.

Tabel 6. Hasil Percobaan menggunakan Sensor HC-SR04

No	Set Point (cm)	Data Sensor LIDAR VL53L0X (cm)	Error (%)
1	10	8	20
2	20	18	10
3	30	28	6,67
4	40	42	5
5	50	52	4
6	60	54	10
7	70	62	11,43
8	80	74	7,5
9	90	78	13,33
10	100	80	20
Rata-rata error			10,79



Gambar 10. Grafik hasil pengukuran sensor jarak HC-SR04 pada objek air



Gambar 11. Hardware Arduino Nano dan sensor VL53L0X

#### 4. Kesimpulan

Dari percobaan yang telah dilakukan, kedua sensor dapat mendeteksi objek dengan baik namun pendeteksian jarak yang dihasilkan kurang maksimal. Untuk percobaan dengan menggunakan sensor HC-SR04 yang ditunjukkan pada Tabel 3 terdapat kesalahan atau error yang terjadi dalam proses pembacaan jarak dari sensor HC-SR04 terhadap objek. Nilai kesalahan pengukuran sensor jarak HC-SR04 sebesar 1,14%. Nilai akurasi pengukuran jarak menggunakan

sensor HC-SR04 sebesar 98,86%. Percobaan berikutnya dilakukan dengan menggunakan sensor VL53L0X. berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan maka didapatkan kesalahan pengukuran sensor sebesar 11,05% dengan akurasi pengukuran jarak sebesar 88,95%. Setelah dilakukan percobaan terhadap kedua buah sensor dapat disimpulkan bahwa dalam membuat sistem peringatan banjir menggunakan sensor jarak maka direkomendasikan menggunakan sensor ultrasonic HC-SR04 karena memiliki nilai rata-rata error yang tidak terlalu besar dibandingkan dengan sensor VL53L0X.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih untuk semua pihak yang terlibat dalam pelaksanaan penelitian hingga penyusunan artikel ini.

### Referensi

- [1] A. Prasetyo and M. B. Setyawan, "Purwarupa Internet of Things Sistem Kewaspadaan Banjir Dengan Kendali Raspberry Pi," *Network Engineering Research Operation*, vol. 3, no. 3, pp. 201–205, 2018.
- [2] S. Keoduangsine, R. Robert, and P. G. Stephen, "A Review of Flood Warning Systems in Developed and Developing Countries," *International Journal of Future Computer and Communication*, vol. 3, no. 3, pp. 172–176, 2014, doi: 10.7763/ijfcc.2014.v3.290.
- [3] D. Y. Pratomo, A. Silvia Handayani, and R. A. Halimatussa'diyah, "Sistem Peringatan Dini Banjir Menggunakan Mikrokontroler Raspberry Pi," *Prosiding SENIATI*, pp. 110–115, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/seniati/article/view/962>.
- [4] M. R. Fahlevi and H. Gunawan, "Perancangan Sistem Pendeteksi Banjir Berbasis Internet of Things," *It (Informatic Technique) Journal*, vol. 8, no. 1, p. 23, 2021, doi: 10.22303/it.8.1.2020.23-29.
- [5] N. Pratama, U. Darusalam, and N. D. Nathasia, "Perancangan Sistem Monitoring Ketinggian Air Sebagai Pendeteksi Banjir Berbasis IoT Menggunakan Sensor Ultrasonik," *Jurnal Media Informatika Budidarma*, vol. 4, no. 1, p. 117, 2020, doi: 10.30865/mib.v4i1.1905.
- [6] H. Yulindoko, Subono, V. A. Wardhany, S. H. Pramono, and P. Siwindarto, "Design of flood warning system based IoT and water characteristics," *Telkonnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, vol. 16, no. 5, pp. 2101–2110, 2018, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v16i5.7636.
- [7] D. Danang, S. Suwardi, and I. A. Hidayat, "Mitigasi Bencana Banjir dengan Sistem Informasi Monitoring dan Peringatan Dini Bencana menggunakan Microcontroller Arduino Berbasis IoT," *Teknik*, vol. 40, no. 1, p. 55, 2019, doi: 10.14710/teknik.v40i1.23342.
- [8] F. Manurung, "Rancang Bangun Alat Deteksi Banjir Menggunakan IoT (Blynk) Berbasis Arduino Uno," *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, vol. 1, no. 3, pp. 82–91, 2013.
- [9] H. Mukhtar, D. Perdana, P. Sukarno, and A. Mulyana, "Sistem Pemantauan Kapasitas Sampah Berbasis IoT (SiKaSiT) untuk Pencegahan Banjir di Wilayah Sungai Citarum Bojongsong Kabupaten Bandung," *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 21, no. 1, pp. 56–67, 2020, doi: 10.29122/jtl.v21i1.3622.
- [10] S. Syamsul and S. Y. Widiarti, "Aplikasi Mikrokontroler Avr Atmega 8535 Dan Sensor Ultrasonic Srf04 Pada Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Sms," *Jurnal Litek: Jurnal Listrik Telekomunikasi Elektronika*, vol. 13, no. 1, pp. 44–49, 2016, [Online]. Available: <http://e-jurnal.pnl.ac.id/index.php/litek/article/view/410/378>.
- [11] I. F. Astuti, A. N. Manoppo, and Z. Arifin, "Sistem Peringatan Dini Bahaya Banjir Kota Samarinda Menggunakan Sensor Ultrasonic Berbasis Mikrokontroler Dengan Buzzer Dan Sms," *Sebatik*, vol. 22, no. 1, pp. 30–34, 2018, doi: 10.46984/sebatik.v22i1.209.
- [12] A. Ahlul, K. Ramadhan, E. Kurniawan, and A. Sugiana, "Perancangan Sistem Peringatan

- Dini Banjir Berbasis Mikrokontroler Dan Short Message Service (Sms),” vol. 7, no. 1, pp. 2355–9365, 2020.
- [13] W. Indianto, A. H. Kridalaksana, and Y. Yulianto, “Perancangan Sistem Prototipe Pendeteksi Banjir Peringatan Dini Menggunakan Arduino Dan PHP,” *Informatika Mulawarman: Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 12, no. 1, p. 45, 2017, doi: 10.30872/jim.v12i1.222.
- [14] I. W. A. W. Purwanto, H., Riyadi, M., Astuti, D. W. W., & Kusuma, “Komparasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Dan JSN-SR04T Untuk Apikasi Sistem Deteksi Ketinggian Air,” *Jurnal SIMETRIS*, vol. 10, no. 2, pp. 717–724, 2019.
- [15] M. Nurkhaliz, R. Munadi, and Sussi, “Design dan Implementasi Alat Ukur Tinggi dan Berat Badan Pada Pasien Berbaring Menggunakan Lidar dan E-KTP Berbasiskan Internet of Things,” *e-Proceeding of Engineering*, vol. 8, no. 2, pp. 1522–1529, 2021.
- [16] P. S. Maria and E. Susianti, “Uji Kinerja Surface Scanner 3D Menggunakan Sensor VL53L0X dan Mikrokontroler ATMEGA8535,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 1–8, 2019, doi: 10.15294/jte.v11i1.18821.

