

DOI: doi.org/10.21009/0305020113

KALIBRASI SENSOR ULTRASONIK HC-SR04 SEBAGAI SENSOR PENDETEKSI JARAK PADA PROTOTYPE SISTEM PERINGATAN DINI BENCANA BANJIR

Martalia. Andayani^{*)}, Widyaningrum.Indrasari, Bambang. H. Iswanto

Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Jakarta
Jl. Rawamangun Muka No.1, Jakarta Timur 13220

^{*)}*martalia.andayani@rocketmail.com*

Abstrak

Sensor pendeteksi ketinggian permukaan air merupakan komponen utama pada sistem peringatan dini bencana banjir. Sensor Ultrasonik HC-SR04 biasa digunakan sebagai sensor jarak dalam sistem peringatan dini bencana banjir. Keakuratan sensor merupakan hal yang penting untuk menunjang efektivitas sebuah sistem. Pada penelitian ini dilakukan kalibrasi dua buah sensor ultrasonik HC-SR04 dengan menggunakan mikrokontroler arduino, yang akan digunakan pada prototipe sistem peringatan dini bencana banjir. Kalibrasi dilakukan dengan mengambil acuan status siaga I, II, III, dan IV pada bendungan Katulampa. Hasil kalibrasi menunjukkan bahwa kedua sensor dapat bekerja dengan baik pada rentang 14-250 cm, dengan kesalahan relatif maksimum sebesar 4.3%. Perubahan jarak terkecil yang bisa terdeteksi oleh sensor sebesar 1 cm dengan kesalahan relatif maksimumnya sebesar 0.91 %. Dengan besar kesalahan yang diperoleh, dapat dikatakan bahwa sensor layak digunakan sebagai pendeteksi ketinggian permukaan air pada prototipe sistem peringatan dini banjir dalam skala 1:5.

Kata Kunci: *Sensor Ultrasonik, Arduino, Status Siaga*

Abstract

The water level detection sensor is a major component on flood early warning system. HC-SR04 Ultrasonic Sensor is usually used as a proximity sensor in a flood early warning system. The accuracy of the sensor is essential to support the effectiveness of a system. In this research, the calibration of HC-SR04 ultrasonic sensor using arduino microcontroller, which is it will be used on the prototype early warning system for floods. Calibration is done by taking reference to the warning status I, II, III, and IV of the Katulampa dam. The results showed that both sensor calibration can work well in the range of 14-250 cm, with a maximum relative error of 4.3%. The smallest change in distance that can be detected by the sensor by 1 cm with a maximum relative error of 0.91%. With the errors obtained, it can be said that the sensor is fit as a detector of the water level in flood early warning system prototype in 1:5 scale.

Keywords: *Ultrasonic Sensor, Arduino, Warning Status*

1. Pendahuluan

Banjir merupakan bencana yang biasa terjadi namun tetap saja merugikan masyarakat terutama apabila banjir terjadi secara mendadak, terlebih lagi bila terjadi saat malam hari. Untuk mengurangi kerugian yang dialami oleh masyarakat dibuat Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir. Sistem peringatan dini banjir didesain untuk memberikan informasi dan peringatan dini, sehingga mampu mengurangi

jumlah korban akibat ketidaksiapan masyarakat dalam menghadapi bencana banjir, dan juga untuk memberikan tindakan dini pada instansi yang terkait dengan masyarakat sehingga adanya koordinasi yang baik [1].

Sistem peringatan dini banjir terdiri dari beberapa komponen, dimana sensor merupakan salah satu komponen pentingnya. Semakin baik akurasi dari sebuah sensor maka akan semakin tinggi pula

efektivitas dari sebuah sistem. Pada sistem peringatan bencana banjir, sensor yang digunakan adalah sensor pendeteksi jarak yang mampu mendeteksi ketinggian permukaan air. Sensor pendeteksi jarak yang biasa digunakan dalam sistem peringatan bencana banjir adalah sensor ultrasonik HC-SR04. Sensor tersebut merupakan sensor yang dirancang untuk melakukan pengukuran jarak tanpa kontak langsung, dimana sensor harus mampu mentransmisikan sinyal dan kemudian menerima kembali pantulan dari sinyal tersebut [2].

Untuk mengetahui tingkat akurasi dari sensor ultrasonik dilakukan kalibrasi terhadap sensor dengan melakukan pembacaan jarak sesuai dengan jarak ketinggian permukaan air pada Status Siaga Ketinggian Permukaan Air Bendungan Katulampa, yang nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam pembuatan prototipe sistem peringatan bencana dini banjir.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah eksperimen dengan menggunakan mikrokontroler sebagai perantara antara sensor dengan *personal computer* dimana data disimpan dalam bentuk excel menggunakan aplikasi akusisi data, PLX-DAQ, sementara mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino UNO.



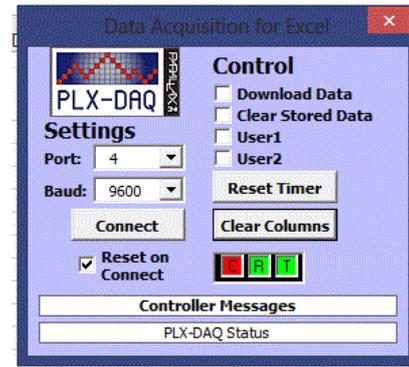
Diagram 1. Proses penyimpanan data sensor

Pengambilan data dilakukan dalam beberapa bagian, yaitu pengambilan data dengan menggunakan status siaga ketinggian permukaan air katulampa sebagai acuan, pengambilan data dengan menggunakan skala 1:10 dari keadaan sebenarnya (status ketinggian permukaan air bendungan Katulampa), kemudian yang terakhir adalah dengan mencari perubahan minimum yang dapat terdeteksi oleh sensor ultrasonik HC-SR04.

Tabel 1. Status Siaga Bendungan Air Katulampa

STATUS	Ketinggian Air
SIAGA IV	<79 cm
SIAGA III	80-149 cm
SIAGA II	150-199 cm
SIAGA I	≥200 cm

Status Siaga Ketinggian Permukaan Air Bendungan Katulampa dibagi menjadi 4 yaitu Siaga IV dengan ketinggian <79 cm, Siaga III dengan ketinggian 80-149 cm, Siaga II 150-199 cm, dan Siaga I dengan ketinggian ≥200 cm



Gambar 1. Aplikasi PLX-DAQ

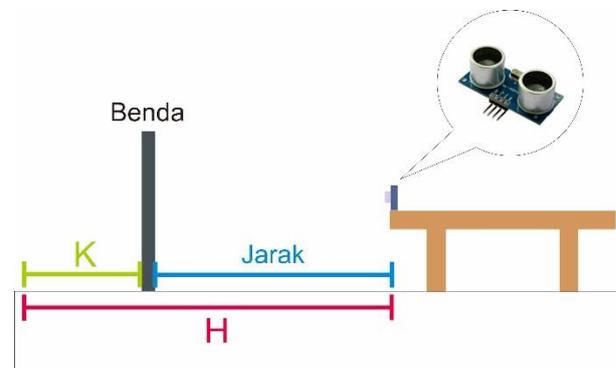
Berdasarkan BPBD (Badan Penanggulangan Bencana Daerah), setiap status siaga memiliki arti masing-masing, dimana status SIAGA IV merupakan status yang tingkatnya paling rendah karena belum ada peningkatan debit air secara mencolok, dan status SIAGA I merupakan status paling berbahaya dimana banjir dapat terjadi sewaktu-waktu.

Pengambilan data dilakukan dengan meletakkan sensor sejauh 3 m kemudian jarak benda dari sensor dikurangi sesuai dengan status siaga. Data yang diambil sebanyak 20 kali pembacaan sensor dengan jeda waktu tiap pembacaan selama 2 detik dan pengulangan pengambilan data sebanyak tiga kali.

Sensor ultrasonik yang digunakan saat kalibrasi sebanyak dua buah, dimana sensor diletakkan pada jarak yang sama dengan posisi bersebelahan. Besar kesalahan sensor dihitung dengan menggunakan persamaan

$$Error (\%) = \frac{|JP - JS|}{JS} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana, *JP* adalah jarak pembacaan sensor, dan *JS* adalah jarak sebenarnya. Dalam hal ini jarak sebenarnya merupakan jarak yang didapatkan melalui pengukuran manual menggunakan penggaris dan/atau meteran.



Gambar 2. Skema Metodologi Pengukuran Jarak

3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 3. Rata-rata Jarak yang Terbaca oleh Sensor 1 dan 2 Menggunakan Status Ketinggian Air Bendungan Katulampa

	JARAK (cm)	DATA I		DATA II		DATA III		Kesalahan Relatif Maksimum (%)	
		U1 (cm)	U2 (cm)	U1(cm)	U2 (cm)	U1 (cm)	U2 (cm)	U1	U2
SIAGA I	80	79.80	79.50	80.85	79.10	80.90	80.05	1.125	1.125
	100	99.90	99.25	99.85	99.00	99.60	99.15	0.4	1
SIAGA II	101	100.60	100.5	100.60	100.45	100.55	100.50	0.45	1.63
	125	125.55	125.20	125.75	125.25	125.85	125.25	0.68	0.68
	150	149.00	149.30	148.90	148.95	148.95	148.90	0.73	0.73
SIAGA III	151	151.05	149.45	151.05	149.60	150.80	150.45	0.33	1.04
	185	184.55	184.45	184.55	184.55	184.50	184.85	0.76	0.35
	220	218.35	219.30	218.25	219.50	218.00	219.85	0.91	0.34
SIAGA IV	221	220.55	220.65	220.50	220.65	220.70	220.30	0.45	0.34
	250	249.40	247.90	249.85	248.80	249.10	248.90	0.46	0.84

Tabel 2. Rata-rata Jarak yang Terbaca oleh Sensor 1 dan 2 menggunakan skala 1:10 dari acuan Status Siaga Bendungan Katulampa

	JARAK (CM)	DATA I		DATA II		DATA III		Kesalahan Relatif Maksimum (%)	
		U1 (cm)	U2 (cm)	U1 (cm)	U2 (cm)	U1 (cm)	U2 (cm)	U1	U2
SIAGA I	7	7.20	7.05	7.40	7.00	6.90	7.45	8.57	6.43
	9	9.00	8.95	8.65	8.70	8.65	8.15	3.90	9.44
SIAGA II	10	10.00	9.30	10.00	9.40	9.85	9.25	1.60	7.50
	12	12.00	11.75	11.80	11.15	12.00	11.45	1.67	7.08
	14	13.50	13.45	13.60	14.10	13.45	13.50	3.93	3.93
SIAGA III	15	14.35	14.65	14.90	14.85	14.35	14.40	4.33	4.00
	18	17.90	17.50	17.95	17.75	17.90	17.80	2.22	2.78
	21	21.40	20.90	20.85	20.70	21.00	20.85	1.90	1.43
SIAGA IV	22	21.75	21.65	21.95	21.80	22.15	21.60	2.50	2.045
	25	25.05	24.70	24.95	24.55	25.00	24.70	0.20	1.80

Berdasarkan perhitungan kesalahan relatif menggunakan persamaan (1) dengan pengambilan data sesuai dengan bagian-bagian yang telah dijelaskan sebelumnya, yaitu sesuai dengan acuan status siaga bendungan katulampa, menggunakan skala 1:10 dan dengan mencari kemampuan sensor mendeteksi perubahan minimum didapatkan hasil sebagai berikut.

U1, dan U2 pada tabel 2 dan 3 masing-masing adalah sensor ultasonik 1 dan sensor ultrasonik 2. JARAK pada tabel didapatkan dari persamaan (2) dan

dijelaskan pada Skema Pengukuran Jarak pada gambar 2. Besar K diubah-ubah sesuai dengan status ketinggian permukaan air dengan menggeser benda.

$$JARAK = H - K \quad (2)$$

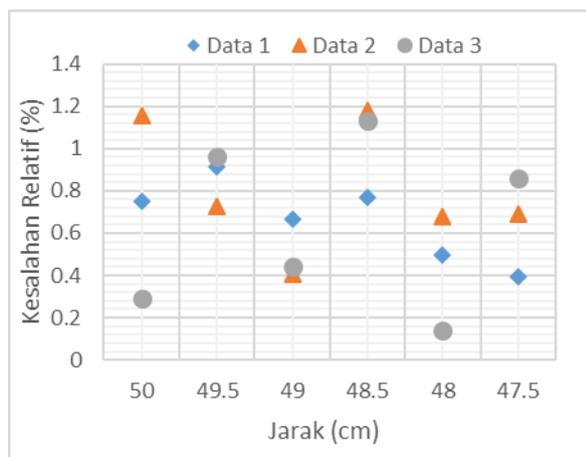
Dengan, K merupakan Ketinggian Permukaan Air sesuai Status Siaga dari dasar bendungan dan H adalah Jarak diletakkannya sensor (300 cm). Misalnya pada status SIAGA I. Sesuai dengan acuan status siaga ketinggian permukaan air bendungan Katulampa, pada SIAGA I, ketinggian permukaan air dari dasar bendungan adalah ≥ 200 cm, sehingga $JARAK = H - K = 300 - 200 = 100$ cm

Berdasarkan hasil perhitungan kesalahan pada tabel 2 dan 3 terlihat bahwa sensor bekerja dengan

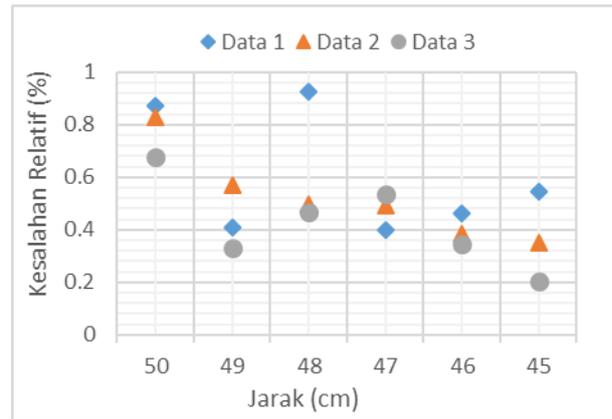
baik pada jarak 14 cm sampai dengan 250 cm dengan kesalahan relatif maksimum pada jarak 15 cm sebesar 4.33%. Sementara pada jarak 7 cm hingga 13 cm sensor tidak bekerja dengan baik dapat terlihat pada kesalahan relatifnya yang besar hingga 9.4 %. Dengan hasil tersebut dapat dikatakan bahwa sensor ultrasonik lebih baik jika bekerja untuk mendeteksi jarak yang jauh. Kemampuan kerja sensor ultrasonik tersebut berpengaruh pada pembuatan prototipe sistem peringatan dini bencana banjir. Karena pada jarak 7 cm hingga 13 cm sensor tidak bekerja dengan baik maka pada prototipe tidak dapat menggunakan skala 1:10, skala harus diperbesar menjadi 1:5 yang di dapat dari perbandingan 15 cm dengan 80 cm.

Selain data kesalahan relatif, yang dibutuhkan untuk skala prototipe sistem, perubahan jarak minimum yang terdeteksi oleh sensor juga perlu diketahui. Berdasarkan grafik pada gambar 3 dan 4 dapat diketahui bahwa sensor mampu mendeteksi perubahan terkecil sebesar 1 cm, sementara untuk perubahan 0.5 cm kesalahan relatif yang diperoleh lebih besar.

Dalam pembuatan sebuah prototipe sistem bencana banjir diperlukan lebih dari satu buah sensor ultrasonik, dikarenakan apabila hanya menggunakan satu sensor jarak yang terdeteksi kurang akurat, dapat terlihat pada tabel 2 dan 3, bahwa besar kesalahan relatif maksimum dari kedua buah sensor selalu berbeda-beda. Sensor ultrasonik 1 tidak selalu dapat mendeteksi jarak dengan akurat, begitupula dengan sensor ultrasonik 2, sehingga dengan menggunakan dua buah sensor pada prototipe sistem peringatan dini bencana banjir diharapkan pembacaan jarak lebih akurat dan peringatan bencana akan aktif ketika kedua sensor benar-benar membaca besar jarak yang sama.



Gambar 3. Grafik Pengukuran Perubahan Jarak Minimum 0,5 cm



Gambar 4. Grafik Pengukuran Perubahan Jarak Minimum 1 cm

4. Simpulan

Pada kalibrasi yang dilakukan untuk dua buah sensor ultrasonik dapat disimpulkan bahwa sensor bekerja dengan baik dari jarak 14 cm hingga 250 cm dengan kesalahan relatif maksimum sebesar 4.33% , sehingga skala pada prototipe sistem peringatan dini bencana banjir adalah 1:5 dengan perubahan minimum yang terdeteksi oleh sensor sebesar 1 cm dengan kesalahan relatif maksimumnya sebesar 0.91%. Dengan begitu dapat dikatakan bahwa kedua sensor layak untuk digunakan sebagai pendeteksi jarak pada prototipe sistem peringatan dini bencana banjir.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan bantuan dana untuk penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Aryanto, Hasanudin, Zulfan, A., (2015), *Perancangan Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir Berbasis Mikrokontroler Atmega328 dan Sms Gateway pada Kecamatan Rumbai Pesisir Pekanbaru*, Seminar Nasional Inovasi dan Tren (SNIT), A-282-286
- [2] Fraden, Jacob., (2003), *Handbook Of Modern Sensors Physics, Designs, and Applications Third Edition*. California, United States of America: Springer-Verlag, Inc
- [3] Iwan Setiawan., (2009), *Buku Ajar Sensor dan Transduser*, Universitas Diponegoro
- [4] Michael Margolis, (2012), *Arduino Cookbook (Second Edition)*, United States of America: O'Reilly Media
- [5] *PUSDALOPS BPBD DKI Jakarta*, Arti Status Siaga Banjir, <http://bpbd.jakarta.go.id/article/detail/65> [diakses 24 Februari 2016]