

Alat Pengukur Volume Sedimen Menggunakan Sensor Ultrasonik Tipe DYP-L04 Berbasis Arduino Mega 2560 R3

Muhammad Rifky Aulia, Sri Arttini Dwi Prasetyowati, Bustanul Arifin
Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung

Correspondence Author: rifkyaulia@std.unissula.ac.id

Abstract

Banyak perairan di Indonesia memiliki kejernihan air yang sangat buruk akibat campuran kotoran dan lumpur di dalam air. Perairan yang kotor sering ditemukan di daerah dekat pemukiman, di mana limbah rumah tangga yang mengalir ke sungai membuat air terlihat kotor dan keruh. Kotoran yang terlarut dalam air akan mengendap di dasar perairan, menyebabkan sedimentasi. Penelitian ini merancang sebuah alat berupa pengukur sedimen. Alat ini menggunakan sensor ultrasonik tipe DYP-L04 dan rotary encoder sebagai referensi untuk mengukur sedimen, dengan prosesor data berupa Arduino Mega 2560 R3. Terdapat motor PG45 yang digunakan untuk mengatur pergerakan alat. Sensor ultrasonik ini bekerja berdasarkan algoritma pemrograman Arduino yang telah dirancang sehingga alat tersebut mampu mengukur volume sedimen dengan hasil yang optimal. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa alat tersebut mampu membaca volume sedimen. Nilai perbandingan volume sedimen antara nilai asli dan hasil pengukuran alat diimplementasikan dalam bentuk nilai kesalahan persentase. Dari 10 percobaan, didapatkan nilai kesalahan rata-rata sebesar 4,74%.

Keyword: Sedimen, Sensor Ultrasonik, Arduino

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, perairan yang tercemar seringkali ditemui di sekitar pemukiman, di mana limbah rumah tangga dialirkan ke sungai, membuat air tampak kotor dan keruh. Kotoran yang larut dalam air akhirnya mengendap di dasar perairan, menyebabkan sedimentasi. Oleh karena itu, diperlukan alat yang dapat mendeteksi sedimentasi di perairan dengan mengukur tinggi endapan sedimen di bawah air. Mengetahui adanya endapan sedimen di dasar air memungkinkan untuk mengambil tindakan pencegahan agar tidak menimbulkan dampak yang tidak diinginkan.

Dengan kemajuan teknologi, khususnya di bidang elektronika, memungkinkan pembuatan alat pengukur volume sedimentasi di dasar perairan. Pengukuran ini dilakukan secara otomatis oleh prototipe kapal yang dilengkapi dengan sensor ultrasonik. Algoritma pada Arduino memungkinkan sensor ultrasonik untuk mengukur panjang, lebar, dan tinggi sedimen bawah air secara akurat. Dari hasil pengukuran tersebut, dapat dilakukan perhitungan volume sedimen untuk menginformasikan kondisi dasar perairan.

Pada Penelitian ini akan membuat alat pengukur volume sedimen di dasar sungai dengan menggunakan sensor ultrasonik dilengkapi dengan motor sebagai penggerak dan Arduino sebagai mikrokontroler untuk mendeteksi ukuran sedimentasi secara akurat.

Pada beberapa jurnal penelitian seperti “Rancang Bangun Kapal Pengukur Volume Sedimen” dibuat pada tahun 2023 oleh Muhammad Khoirun Faza. Membahas tentang perbandingan nilai asli dan nilai hasil pengukuran alat berupa kapal pengukur volume sedimen. Nilai hasil pengukuran didasarkan pada penggunaan sensor infra merah dan *rotary encoder* sebagai acuannya yang kemudian dihubungkan ke Arduino Mega 2560. Nilai tersebut adalah panjang, lebar, tinggi dan volume dengan standar centimeter. Pada penelitian ini menggunakan algoritma PID sebagai pemrograman yang penggerakannya adalah motor PG45 dan PG28[1].

“Monitoring River Sediment by Optimizing Arduino Capabilities Controlled by the PID Algorithm” diselesaikan pada tahun 2022 oleh Sri Arttini Dwi Prasetyowati. Pada penelitiannya membuat alat untuk memantau sedimen di sungai dan mengukur volumenya. Hasil dari penelitian ini yaitu perangkat dapat mendeteksi sedimen, mengukur ketinggian sedimen, menelusuri sedimen hingga ukur panjangnya, serta mengukur lebar sedimen. Dengan memanfaatkan Arduino dan Algoritma PID, perangkat dapat bergerak, mendeteksi bahkan mengukur sedimen secara akurat secara otomatis dan hasil pengukuran menunjukkan bahwa perangkat dapat bekerja dengan baik[2].

“Prototipe Alat Pengukur Volume Sedimen Di Dasar Sungai Berbasis Arduino Mega 2560” tugas akhir yang dibuat oleh Junido Ardali pada tahun 2019. Berfokus pada prototipe alat pengukur volume sedimen

di dasar sungai yang menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai pengontrol. Prototipe ini merupakan bentuk kapal yang telah dilengkapi dengan sensor inframerah untuk mengukur volume sedimentasi dengan menghitung panjang, lebar, dan tinggi sedimen. Dalam desain ini, terdapat dua motor dc yang dilengkapi dengan *rotary encoder* untuk mengatur pergerakan sensor dan menghitung ukuran sedimen dengan merepresentasikannya melalui putaran motor dc yang diukur oleh *rotary encoder*[3].

“Pembuatan Alat Pengukur Kedalaman Air Menggunakan Sensor Sonar” adalah tugas akhir yang dibuat oleh Citra Syefriana dan Yohandri. Tugas akhir ini membahas pembuatan alat pengukur kedalaman air menggunakan sensor sonar dengan menggunakan mikrokontroler Arduino UNO. Sensor yang digunakan dalam *prototype* ini adalah sensor JSN-SR04. Alat dalam tugas akhir ini bekerja dengan cara mengirimkan gelombang dari pemancar pada sensor JSN-SR04, kemudian gelombang tersebut memantul kembali ke penerima pada sensor JSN-SR04 setelah mengenai suatu objek. Nilai kedalaman air diasumsikan sebagai jarak objek yang diperoleh dari hasil pemrosesan waktu yang diperlukan ketika sensor mengirimkan gelombang dan menerimanya kembali, dikalikan dengan kecepatan perambatan gelombang[4].

"Penentuan Laju Sedimen di Rencana Waduk Jatibarang" adalah jurnal yang disusun oleh Segel Ginting dan Waluyo Hatmoko. Dalam penelitian ini, dilakukan penentuan jumlah sedimen yang masuk ke waduk Jatibarang. Penelitian ini menggunakan lima metode untuk menentukan nilai laju sedimen yang masuk ke waduk dengan acuan erosi lahan, pengukuran sedimen empiris, model statistik dari data pengukuran sedimen, aplikasi persamaan sedimen, dan model matematika. Dari penelitian ini, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa jumlah sedimen yang masuk ke dalam rencana Waduk Jatibarang bervariasi tergantung pada masing-masing metode, tetapi dari segi kuantitas[5].

Berbeda dengan penelitian – penelitian sebelumnya, pada penelitian ini dibuat alat pengukur volume sedimen yang bekerja secara otomatis menggunakan sensor ultrasonik tipe DYP-L04 dengan mikrokontroler Arduino Mega 2560 R3 sebagai pengontrolnya. Sensor dipasang pada bagian depan yang dikendalikan oleh motor DC tipe PG45. Dengan perangkat - perangkat tersebut, penelitian ini dapat menghasilkan nilai hasil pengukuran yang lebih akurat.

1.1 Sedimen

Sedimen memainkan peran penting dalam ekosistem sungai. Mereka membantu dalam pembentukan habitat bagi berbagai organisme air, serta berkontribusi terhadap siklus nutrisi. Namun, kelebihan sedimen, yang sering kali diakibatkan oleh deforestasi atau konstruksi, dapat menyebabkan masalah seperti pendangkalan sungai, penurunan kualitas air, dan terganggunya kehidupan akuatik.

Dalam pengelolaan sungai, penting untuk memantau dan mengelola sedimen agar tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan infrastruktur. Oleh karena itu, studi mengenai sedimen di sungai menjadi sangat penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan menghindari bencana alam seperti banjir atau erosi yang berlebihan. Menghadapi keterbatasan lahan, penting untuk memanfaatkan sumber daya tersebut secara optimal guna keberlanjutan penggunaannya di masa depan[6].

1.2 Sensor Ultrasonik DYP-L04

Sensor DYP-L04 merupakan tipe sensor ultrasonik yang dirancang khusus untuk digunakan di dalam air. Dengan keunggulan seperti ukuran fisik yang kecil, titik buta yang kecil, akurasi yang tinggi, dan kinerja kecap air yang baik, sensor DYP-L04 dapat mengukur jarak objek benda di dalam air dengan akurat. Pada penelitian ini, digunakan modul produk tipe DYP-L042MTW-V1.0 dengan output UART dengan jarak 2 cm hingga 300 cm. Dalam UART, kecepatan transmisi data (atau sering disebut *Baud Rate*) dan fase *clock* pada sisi pemancar dan penerima harus disinkronkan[7]. Produk tipe tersebut cocok digunakan untuk mikrokontroler Arduino seperti yang dibutuhkan pada penilitan ini.

Seperti sensor ultrasonik pada umumnya, Prinsip kerja didasarkan pada pantulan gelombang suara dengan frekuensi tertentu. Sensor mengukur jarak dengan terus menerima gelombang bunyi yang dipantulkan oleh objek, dan menghitung selisih waktu antara gelombang bunyi yang dipancarkan dan diterima. Hal ini dilakukan dengan membandingkan antara waktu pantulan dengan jarak atau tinggi objek, yang berupa zat padat[8].

1.3 Arduino Mega 2560 R3

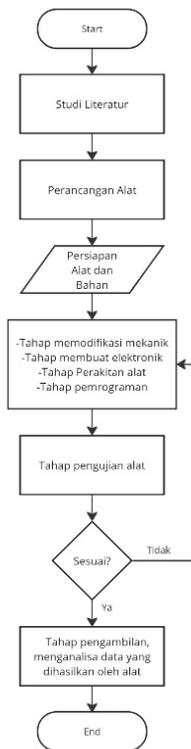
Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat sumber terbuka, diturunkan dari Wiring *platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Perangkat kerasnya memiliki prosesor Atmel AVR dan *software*-nya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Sumber dari Arduino Mega 2560 R3 ini dapat diambil dari koneksi USB atau dapat bersumber melalui *power supply* eksternal. Sumber eksternal dapat diambil dari *power* adaptor atau baterai[9].

2. METODE PENELITIAN

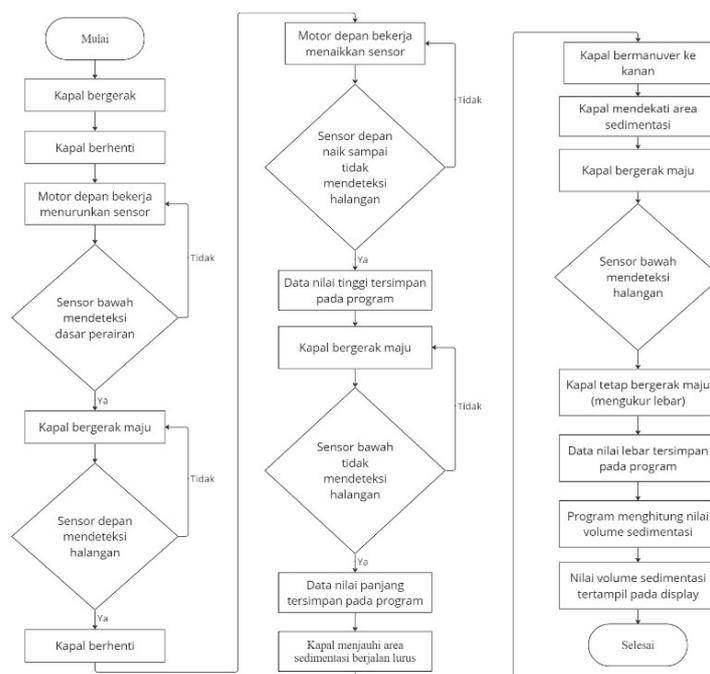
Penelitian ini dimulai dengan studi literatur untuk mempelajari teori-teori terkait perancangan dan pembuatan alat. Jurnal, laporan tugas akhir, buku, serta *e-book* dalam bentuk *hardcopy* dan *softcopy* dari internet dijadikan sebagai referensi. Setelah mengumpulkan referensi dari berbagai sumber, langkah berikutnya

adalah merancang alat yang mencakup perakitan perangkat keras dan rangkaian elektronik. Kemudian, memasukan program Arduino ke *hardware* sehingga menjadi alat ukur volume sedimen.

Selanjutnya, alat diuji berdasarkan data yang telah diprogram untuk memastikan apakah alat dapat berfungsi sesuai yang diinginkan. Pengujian awal dilakukan di akuarium untuk mengevaluasi performa, dan kemudian dilanjutkan dengan pengujian di kolam guna menilai kinerja alat dalam kondisi yang mirip dengan sungai. Jika hasil pengujian tidak sesuai, evaluasi akan dilakukan pada komponen elektronik, program, dan fitur lainnya. Namun, jika alat berfungsi dengan baik, tahap berikutnya adalah pengambilan, analisis, dan pemantauan data yang dihasilkan oleh alat secara berkala.

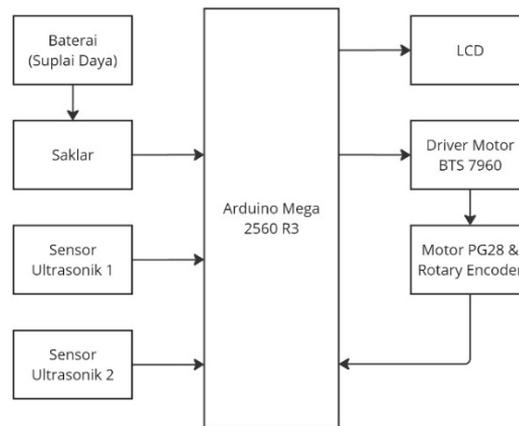


Gambar 1. *Flowchart* Alur Penelitian



Gambar 2. *Flowchart* Alur Kerja Alat

2.1 Perancangan Alat



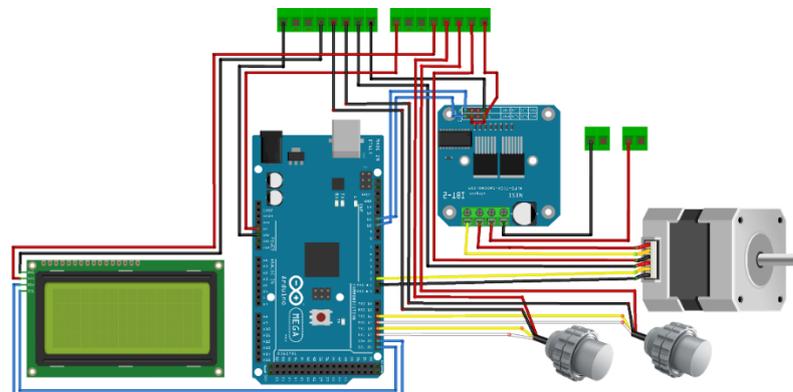
Gambar 3. Diagram Blok Rangkaian

Ditunjukkan diagram blok dari desain alat proyek akhir. Desain alat ini terdiri dari tiga bagian, yaitu *input*, proses, dan *output*. Pada bagian *input* terdapat catu daya yang memasok tegangan ke komponen elektronik yang terpasang pada alat tersebut.

Pada bagian *input* terdapat sensor ultrasonik yang berfungsi sebagai pendeteksi hambatan dalam bentuk sedimentasi. Ada dua sensor ultrasonik yang digunakan untuk mengukur volume sedimentasi. Sensor ultrasonik ini ditempatkan pada pipa dengan pemasangan paralel, di mana satu sensor menghadap ke depan dan satu sensor menghadap ke bawah. Bagian pipa ini ditempatkan di bawah kapal dengan tali sebagai media penghubung saat pipa dinaikkan dan diturunkan. Selain itu, terdapat *sensor rotary encoder* yang dipasang pada motor PG45.

Bagian proses berupa mikrokontroler Arduino Mega 2560. Semua informasi atau data dari pembacaan sensor akan diproses oleh mikrokontroler. Tahap proses adalah tahap yang paling penting karena pada tahap ini hasil pembacaan sensor akan diproses untuk menghasilkan *output* yang sesuai. Sensor ultrasonik menggunakan pin digital yang terhubung ke mikrokontroler Arduino Mega 2560 R3.

Kemudian bagian *output* terdiri dari LCD I2C, driver motor BTS7960, motor PG45. Setelah informasi atau data dari pembacaan sensor diproses oleh mikrokontroler, mikrokontroler akan menjalankan perintah untuk menjalankan output. LCD I2C menampilkan informasi berupa nilai ketinggian sedimentasi, panjang sedimentasi, lebar sedimentasi, dan volume sedimentasi. LCD yang digunakan dalam penelitian ini adalah LCD 20x4 I2C. Penggunaan LCD 20x4 I2C dimaksudkan untuk dapat menampilkan data dalam 4 baris dan 20 kolom. Dengan tambahan I2C, kabel yang dibutuhkan dapat dihemat karena hanya memerlukan dua jalur kabel (SDA dan SCL) ditambah VCC dan Ground. *Driver* motor BTS7960 digunakan sebagai penguat karena tegangan dan arus keluaran mikrokontroler tidak mampu memenuhi kebutuhan tegangan dan arus motor DC. Untuk mengatur putaran motor, digunakan sistem FET PWM (*Pulse Width Modulation*). Pada *driver* motor BTS7960 dihubungkan ke motor PG45 menggunakan pin R_PWM dan pin L_PWM ke Arduino Mega 2560 R3.



Gambar 4. *Wiring* Diagram Alat Pengukur Sedimen

2.2 Pengujian Alat

Pengujian alat ukur volume sedimen meliputi Pengujian Sensor, Pengujian Program, dan Pengujian Keseluruhan. Pada pengujian awal dilakukan pengujian sensor terhadap air dan keakuratannya. Sensor yang digunakan pada pengujian ini adalah sensor ultrasonik tipe DYP-L04. Setelah pengujian berhasil, sensor tersebut dihubungkan dengan motor PG45 yang digunakan untuk naik turunnya alat. Selanjutnya pengujian program dilakukan untuk mengetahui apakah program sudah sesuai dengan yang diinginkan. Yaitu membaca tinggi, panjang, dan lebar yang kemudian dikonversi ke nilai volume dan menampilkannya pada *layer* LCD. Kemudian yang terakhir yaitu pengujian keseluruhan Sensor, program, dan penggerak diharapkan mampu mengukur volume sedimen secara akurat.



Gambar 5. Pengujian Alat

3. HASIL DAN ANALISA

Pada penelitian ini, Sensor DYP-L04 diuji terlebih dahulu keakuratannya dalam membaca jarak. Selanjutnya dilakukan Pengujian pengukuran tinggi, panjang, lebar dan volume terhadap objek. Pengujian ini dilakukan di dalam Aquarium dengan ukuran panjang 96 centimeter, lebar 53,7 centimeter dan tinggi 55 centimeter. Aquarium ini berisi air hingga mencapai tinggi 38 centimeter. Dengan objek berukuran tinggi 12 centimeter, panjang 19,8 centimeter dan lebar 9,9 centimeter.

3.1 Hasil Pengujian Sensor DYP-L04

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor A

No.	Jarak Asli	Hasil Pengukuran Sensor A	Error
1.	20 mm	20 mm	0%
2.	50 mm	50 mm	0%
3.	100 mm	100 mm	0%
4.	150 mm	150 mm	0%
5.	200 mm	200 mm	0%
6.	250 mm	250 mm	0%
7.	300 mm	300 mm	0%
8.	350 mm	350 mm	0%
9.	400 mm	400 mm	0%
10.	500 mm	500 mm	0%
Rata - Rata			0%

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor B

No.	Jarak Asli	Hasil Pengukuran Sensor B	Error
1.	20 mm	20 mm	0%
2.	50 mm	50 mm	0%
3.	100 mm	100 mm	0%
4.	150 mm	150 mm	0%
5.	200 mm	200 mm	0%
6.	250 mm	250 mm	0%
7.	300 mm	300 mm	0%
8.	350 mm	350 mm	0%
9.	400 mm	400 mm	0%
10.	500 mm	500 mm	0%
Rata - Rata			0%

3.2 Hasil Pengujian Pengukuran Volume Sedimen

Tabel 3. Hasil Pengukuran Tinggi Sedimen

No.	Tinggi Sedimen	Hasil Pengukuran Tinggi Sedimen	Error
1.	12 cm	11.5 cm	4.16 %
2.	12 cm	8.9 cm	25.8 %
3.	12 cm	11.5 cm	4.16 %
4.	12 cm	11.9 cm	0.83 %
5.	12 cm	14.0 cm	16.6 %
6.	12 cm	10.1 cm	15.8 %
7.	12 cm	12.2 cm	1.6 %
8.	12 cm	11.0 cm	8.3 %
9.	12 cm	9.0 cm	25 %
10.	12 cm	11.9 cm	0.83 %
Rata - rata		11.2 cm	7.75 %

Tabel 4. Hasil Pengukuran Panjang Sedimen

No.	Panjang Sedimen	Hasil Pengukuran Panjang Sedimen	Error
1.	19.8 cm	29.7 cm	50 %
2.	19.8 cm	23.0 cm	16.1 %
3.	19.8 cm	16.6 cm	16.1 %
4.	19.8 cm	26.4 cm	33.3 %
5.	19.8 cm	19.0 cm	4 %
6.	19.8 cm	20.0 cm	1 %
7.	19.8 cm	13.0 cm	34.3 %
8.	19.8 cm	16.8 cm	15.1 %
9.	19.8 cm	23.0 cm	16.1 %
10.	19.8 cm	18.8 cm	5 %
Rata - rata		20.63 cm	4.1 %

Tabel 5. Hasil Pengukuran Lebar Sedimen

No.	Lebar Sedimen	Hasil Pengukuran Lebar Sedimen	Error
1.	9.9 cm	8.4 cm	15 %
2.	9.9 cm	8.4 cm	15 %
3.	9.9 cm	7.0 cm	29 %
4.	9.9 cm	9.8 cm	1 %
5.	9.9 cm	8.4 cm	15 %
6.	9.9 cm	12.6 cm	27 %
7.	9.9 cm	9.0 cm	9 %
8.	9.9 cm	9.8 cm	1 %
9.	9.9 cm	8.8 cm	11 %
10.	9.9 cm	10.2 cm	3 %
Rata - rata		9.24 cm	6.6 %

Nilai kesalahan dapat dihitung dengan cara membandingkan hasil pengukuran antara nilai pembacaan alat ukur dengan nilai pembacaan sensor, kemudian membaginya dengan nilai pembacaan alat ukur dan mengalikannya dengan 100.

Pengujian algoritma pengukuran sedimen, dimulai dari pengukuran tinggi, pengukuran panjang, pengukuran lebar, dan yang terakhir adalah pengukuran volume. Nilai *error* yang tinggi disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu berkurangnya kecepatan komunikasi sensor saat digabungkan menjadi satu pada mikrokontroler. Hal ini menyebabkan *delay* yang sulit diatur pada saat pemrograman dan pada saat pengukuran tidak dapat mendapatkan nilai yang begitu akurat karena waktu sangat berpengaruh pada penelitian ini. Selain itu kestabilan penopang sensor dan penggerak sensor juga menjadi faktornya. Sensor DYP-L04 sangat sensitif terhadap guncangan, saat terjadi guncangan sensor berpeluang untuk mengukur objek lain selain sedimen yang

akan diukur, sehingga mengganggu prosesnya perhitungan yang sedang dilakukan oleh program. Berikut adalah tabel hasil pengukuran volume sedimen:

Tabel 6. Hasil Pengukuran Volume Sedimen

No.	Volume Sedimen	Hasil Pengukuran Volume Sedimen	Error
1.	2352,02 cm ³	2869,02 cm ³	21,9 %
2.	2352,02 cm ³	1719,48 cm ³	26,9 %
3.	2352,02 cm ³	1336,3 cm ³	43,1 %
4.	2352,02 cm ³	3078,768 cm ³	30,8 %
5.	2352,02 cm ³	2234,4 cm ³	5,0 %
6.	2352,02 cm ³	2545,2 cm ³	8,2 %
7.	2352,02 cm ³	1427,4 cm ³	39,3 %
8.	2352,02 cm ³	1811,04 cm ³	23,0 %
9.	2352,02 cm ³	1821,6 cm ³	22,5 %
10.	2352,02 cm ³	2281,944 cm ³	2,9 %
Rata - rata		2112,515 cm ³	10,1 %

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa sensor ultrasonik tipe DYP-L04 mampu membaca jarak dengan baik dan akurat sesuai spesifikasi. Namun, keakuratan pada saat pengukuran tinggi, panjang, lebar dan volume dipengaruhi oleh kesesuaian program, kestabilan penggerak sensor, serta kecepatan komunikasi sensor ketika dua sensor digabung mejadi satu pada mikrokontroler. Sensor ultrasonik tipe DYP-L04 saat membaca jarak tidak berpengaruh pada warna, cahaya atau kekeruhan dalam air.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. K. Faza, S. A. D. Prasetyowati, and B. Arifin, "Rancang Bangun Kapal Pengukur Volume Sedimen dengan Algoritma PID," *Avitec*, vol. 5, no. 2, p. 111, 2023, doi: 10.28989/avitec.v5i2.1712.
- [2] S. A. D. Prasetyowati, B. Arifin, A. Syakhroni, and M. K. Faza, "Monitoring River Sediment by Optimizing Arduino Capabilities Controlled by the PID Algorithm," *WSEAS Trans. Syst.*, vol. 21, pp. 233–240, 2022, doi: 10.37394/23202.2022.21.25.
- [3] J. Ardalli, "PROTOTIPE ALAT PENGUKUR VOLUME SEDIMEN DI DASAR SUNGAI BERBASIS ARDUINO MEGA 2560." 2019.
- [4] C. Syefriana and Yohandri, "Pembuatan Alat Ukur Kedalaman Air Menggunakan depth meters," *Pillar Phys.*, vol. 13, no. April, pp. 1–8, 2020.
- [5] S. Ginting and W. Hatmoko, "Penentuan laju sedimen pada rencana waduk Jatibarang," *J. Sumber Daya Air*, vol. 6, no. 1, pp. 33–46, 2010.
- [6] A. Satriadi, "Studi Batimetri dan Jenis Sedimen Dasar Laut di Perairan Marina, Semarang, Jawa Tengah," *Bul. Oseanografi Mar.*, vol. 1, no. 5, pp. 53–62, 2012.
- [7] H. Tempongbuga, E. Kendek Allo, and S. R. U A Sompie, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Sensor PIR (Passive Infrared) Dan SMS Sebagai Notifikasi," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 4, no. 6, pp. 10–15, 2015, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/view/9992>.
- [8] M. A. Wicaksana and H. H. Nuha, "PREDICTION, MONITORING, AND EARLY WARNING SYSTEM OF WATER LEVELS IN FLOOD PROGRAM AREAS IN BANJARMASIN USING IoT AND LINEAR REGRESSION," *J. Socius*, vol. 11, no. 2, p. 31, 2022, doi: 10.20527/js.v11i2.14576.
- [9] H. Sansury, "Tampilan Pengukuran Deteksi Objek dan Jarak Sonar Ultrasonik menggunakan Sensor HC-SR04 pada Arduino ATMEGA 2560," pp. 49–57, 2016.