

RANCANG BANGUN ALAT UKUR KETINGGIAN PERMUKAAN AIR SUNGAI MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK AJ-SR04M

Yasir Abdan Syakur¹, Elohansen Padang^{1*}, Baina Afkril¹

¹Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Papua
Jalan Gunung Salju, Amban, Manokwari Barat, Manokwari, Papua Barat 98314

Email: e_padang@unipa.ac.id

ABSTRACT: Monitoring of water levels provides many benefits in various fields of application such as flood disaster mitigation, irrigation management, and dam management. Research has been carried out on the design and testing of a river water level measuring instrument based on the AJ-SR04M ultrasonic sensor. This ultrasonic sensor has several advantages, including accurate measurement results, low costs, can be found easily on the market, simple, and waterproof making it suitable for river water level measurement applications. The developed measuring instrument is also equipped with temperature and humidity sensors as a correction factor for the speed of sound, because these two parameters affect the speed of sound. The Arduino Uno board is used as a signal processing unit in charge of processing all output signals from sensors. The micro SDcard module is used as a container for storing measurement data. Meanwhile, the LCD board is used to display the measurement results. The Arduino Uno board is programmed using the Arduino IDE software. The test results show that the instrument has a very good level of accuracy. This is evidenced by the results of testing the devices which showed a relative error of 0.066%. In addition, the tool also functions with very good precision where the correlation coefficient (R^2) obtained from testing the instrument is 0.98.

Keywords: Instrument, Water levels, River, Ultrasonic sensor, Arduino Uno

PENDAHULUAN

Sungai merupakan alur air alami maupun buatan berupa jaringan pengaliran air mulai dari hulu hingga muara yang dibatasi oleh garis sempadan di kanan dan kiri. Sungai sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia dan alam sekitar, sebagai sumber air bersih, transportasi, irigasi, ekosistem, hingga pembangkit listrik (Tysara, 2021). Namun disisi lain sungai juga dapat memberikan dampak buruk bagi lingkungan sekitar seperti bencana banjir. Bencana ini dapat disebabkan oleh peristiwa alam, manusia atau keduanya secara bersamaan.

Banjir menyebabkan kerusakan yang lebih besar dibandingkan bencana lainnya dan semakin meningkat setiap tahun (Kodoati, 2021; Willner dkk., 2008). Oleh karena itu perlu dilakukan pencegahan

maupun peringatan dini banjir melalui pemantauan ketinggian permukaan air sungai (Ramadhani, 2021). Selain itu pemantauan ketinggian air sungai juga bermanfaat dalam berbagai penerapan, seperti pengaturan pengairan sawah, ketinggian bendungan, dan sebagainya (Apriyunike dan Sardi, 2020)

Seiring perkembangan teknologi, berbagai metode pengukuran permukaan air sungai telah dikembangkan. Diantaranya, menggunakan pelampung dengan tahanan geser (Erryanto dkk., 2017), Sensor Ultrasonik (Padang, dkk., 2022; Syakur, 2023), kamera tunggal (Kuo dan Tai, 2021), hingga menggunakan altimetri satelit (Tourian dkk., 2016). Dari berbagai metode pengukuran tersebut, metode pengukuran menggunakan sensor ultrasonik dinilai memiliki beberapa kelebihan, seperti harga

yang relatif terjangkau, pengoperasian sederhana, dan komponen-komponen pembuatan alat ukur mudah ditemukan di pasaran (Mohammed dkk., 2019). Sensor ultrasonik merupakan sensor yang prinsip pengoperasiannya didasarkan pada pengukuran waktu terbang (*time-of-flight*) suara, yaitu waktu yang dibutuhkan gelombang ultrasonik untuk bergerak dari pemancar (*transmitter*) menuju ke penerima (*receiver*) (Marioli dkk., 1992).

Beberapa penelitian pengembangan alat ukur ketinggian air sungai menggunakan sensor ultrasonik diantaranya, Fikri dkk (2015) berbasis web service dan Huda (2022) melakukan pemantauan secara *real time*, dan Chobir (2017) berbasis Arduino. Umumnya penelitian tersebut menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04. Meskipun sensor ini memiliki keunggulan dalam harga yang relatif murah dan mudah ditemukan di pasaran, akan tetapi memiliki kelemahan dalam hal tidak kedap terhadap air sehingga sulit untuk diterapkan di lapangan. Sensor HC-SR04 lebih cocok digunakan untuk aplikasi di dalam ruangan.

Salah satu sensor ultrasonik yang potensial digunakan dalam pemantauan tinggi permukaan air sungai adalah sensor ultrasonik AJ-SR04M. Sensor ini memiliki keunggulan dalam hal kedap air sehingga dapat diaplikasikan di lapangan. Selain itu, harga sensor ini relatif murah (*low cost*) dan dapat dengan mudah ditemukan di pasaran. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dirancang dan diuji alat ukur pemantauan permukaan air sungai menggunakan sensor ultrasonik AJ-SR04M.

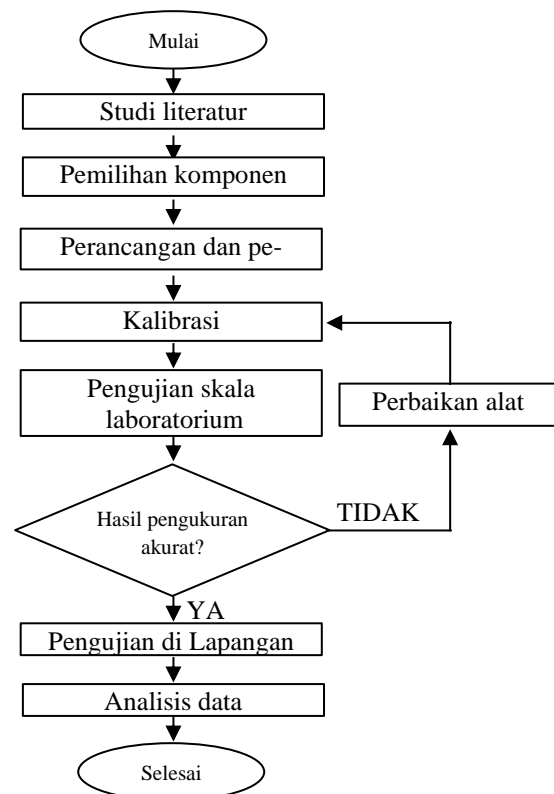
METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dilakukan di Laboratorium Instrumentasi dan Energi, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Papua, Manokwari. Penelitian dilakukan selama 3 bulan (bulan Oktober 2022 – Desember 2022).

Penelitian diawali dengan studi literatur untuk mengetahui perkembangan terkait

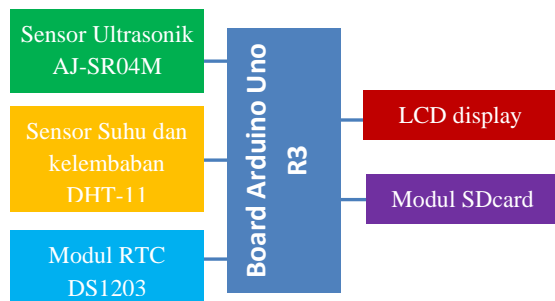
pengembangan alat ukur tinggi permukaan sungai. selanjutnya, pemilihan komponen yang akan digunakan dalam membangun alat ukur. Kriteria pemilihan komponen didasarkan pada harga yang relatif murah dan terjangkau namun memberikan hasil pengukuran yang akurat, tersedia dipasaran, dan kedap air agar dapat diterapkan dilapangan.

Setelah komponen ditentukan, tahap selanjutnya adalah perancangan perangkat keras dan perangkat lunak serta proses kalibrasi alat ukur. Setelah proses kalibrasi, selanjutnya dilakukan pengujian alat ukur. Pengujian dilakukan dengan dua tahapan, yaitu pengujian skala laboratorium untuk melihat respon alat ukur terhadap fluktuasi tinggi permukaan air dan pengujian di lapangan pada aliran sungai untuk memastikan bahwa alat yang dikembangkan berfungsi dengan baik dan memberikan hasil pengukuran yang akurat. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.

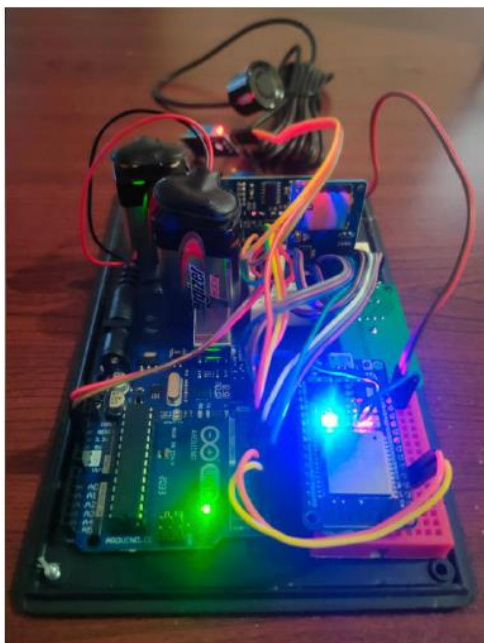


Gambar 1. Diagram alir penelitian

Komponen yang digunakan untuk merancang alat ukur ketinggian permukaan air sungai pada penelitian ini antara lain sensor ultrasonik AJ-SR04M untuk mengukur ketinggian permukaan air, papan Arduino Uno sebagai unit pemrosesan sinyal, modul LCD untuk menampilkan hasil pengukuran, dan modul SDcard untuk menyimpan data hasil pengukuran agar data pengukuran sewaktu-waktu dapat dipindahkan ke komputer untuk dianalisis lebih lanjut. Diagram skematik rangkaian dapat dilihat pada Gambar 2, sementara tampilan fisik alat ukur ditampilkan pada Gambar 3 berikut.



Gambar 2. Diagram skematik rangkaian



Gambar 3. Tampilan fisik alat ukur tinggi permukaan air sungai yang dikembangkan

Keluaran dari sensor ultrasonik pada

dasarnya berupa waktu terbang (*time-of-flight*). Oleh karena itu untuk memperoleh jarak antara sensor dengan permukaan air sungai, hasil pengukuran sensor dikonversi menggunakan persamaan:

$$d = \{[331.45 + (0.607 \cdot T) + (0.0124 \cdot H)]\} \cdot \text{tof}/2 \quad (1)$$

dengan d adalah jarak antara sensor dengan permukaan air, T dan H berturut turut suhu (T) dan kelembaban (mmHg), dan tof adalah waktu terbang (*time of flight*) gelombang suara yang diukur sensor ultrasonik. Parameter suhu dan kelembaban dimasukkan ke dalam persamaan (1) karena kedua parameter tersebut memberikan pengaruh terhadap kecepatan suara.

Untuk analisis data pengukuran, hasil pengukuran dari alat yang dirancang akan dibandingkan dengan pengukuran meteran standar. Dari perbandingan tersebut, dapat ditentukan berapa akurasi pengukuran dari alat yang dirancang. Perhitungan persentase nilai kesalahan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$E = \left| \frac{N_p - N_s}{N_s} \right| \times 100\% \quad (2)$$

dengan E adalah nilai eror (dalam %), N_p adalah nilai hasil pengukuran menggunakan alat yang dirancang dan N_s adalah nilai sebenarnya yang didapatkan dari pengukuran standar.

Analisis regresi sederhana juga diterapkan pada penelitian ini. Analisis regresi merupakan teknik statistik yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara variable terikat (Y) dan variabel bebas (X) (James dkk., 2021). Analisis regresi linear sederhana dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Y = a + bX \quad (3)$$

dengan Y adalah variabel terikat, X adalah variabel bebas, a adalah intersep (titik potong

terhadap sumbu Y), dan b adalah slope (kemiringan garis regresi)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan alat ukur permukaan ketinggian air sungai pada penelitian ini diawali dengan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, selanjutnya diikuti dengan kalibrasi alat untuk mengoreksi hasil pengukuran, pengujian alat dalam skala laboratorium, dan pengujian di lapangan.

Rancangan perangkat Keras dan Perangkat Lunak

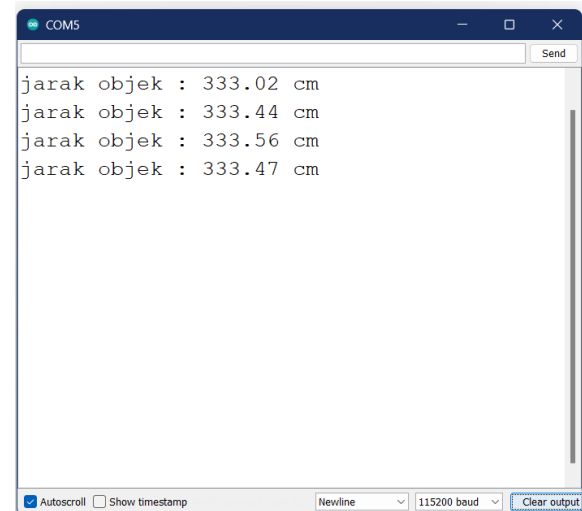
Perancangan dan pengujian alat ukur ketinggian permukaan air sungai pada penelitian ini diawali dengan proses perancangan alat. Perancangan terbagi menjadi perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Rancangan perangkat keras dilakukan mengacu pada diagram skematik yang telah ditampilkan pada Gambar 2 sebelumnya.

Papan Arduino Uno dirangkai dengan sensor ultrasonik AJ-SR04M, sensor suhu dan kelembaban DHT11, real-time clock DS1302, modul *micro SDcard* dan modul LCD. Sumber tegangan berasal dari baterai 9V yang diturunkan menjadi 5 V untuk memberikan catu daya bagi seluruh komponen. Seluruh komponen, kecuali sensor ultrasonik, dimasukkan di dalam konsol box berukuran 20 cm × 15 cm × 10 cm.

Rancangan perangkat lunak meliputi pemrograman papan Arduino Uno. Perangkat lunak Arduino IDE digunakan sebagai perangkat lunak untuk memprogram papan Arduino Uno. Program-program yang dijakankan pada Arduino Uno meliputi pengaturan kerja sensor-sensor serta pengaturan sistem penyimpanan dan *display* hasil pengukuran. Papan Arduino juga berfungsi untuk memroses hasil pengukuran jarak oleh sensor ultrasonik AJ-SR04M.

Selain disimpan dalam *micro SDcard* data pengukuran dapat juga langsung disimpan di komputer secara langsung

menggunakan komunikasi serial dan bantuan perangkat lunak PLX-DAQ. Contoh tampilan hasil pembacaan jarak yang dapat dilihat pada serial monitor komputer ditampilkan pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Hasil pengukuran jarak menggunakan sensor ultrasonik AJ-SR04M

Selain disimpan dalam kartu memori SDcard, data pengukuran ketinggian permukaan air sungai dapat pula ditampilkan dan disimpan dikomputer dalam bentuk file excel dengan menggunakan perangkat lunak PLX-DAQ. Data pengukuran secara *real-time* dikirim dari papan Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel serial USB.

Kalibrasi Alat

Setelah perangkat keras dan lunak alat ukur yang dikembangkan selesai tahap selanjutnya adalah proses kalibrasi. Kalibrasi alat ukur dilakukan untuk mengoreksi hasil pengukuran jika terdapat penyimpangan pembacaan dengan hasil pengukuran alat ukur standar. Pada penelitian ini, proses kalibrasi dilakukan dengan membandingkan nilai pengukuran menggunakan alat ukur yang dikembangkan dengan alat ukur Panjang standar yang umum digunakan.

Proses kalibrasi dilakukan di

Laboratorium Instrumentasi dan Energi, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Papua menggunakan wadah penampung air berupa drum. Sensor diletakkan vertikal di atas drum, kemudian alat ukur dioperasikan untuk membaca jarak permukaan air dengan sensor (Gambar 5). Data pengukuran langsung disimpan di laptop menggunakan perangkat lunak PLX-DAQ.



Gambar 5. Proses kalibrasi alat ukur

Proses kalibrasi menunjukkan terdapat selisih antara nilai pengukuran terhadap nilai sebenarnya dengan selisih rata-rata sebesar 1,38 cm. nilai selisih ini selanjutnya digunakan sebagai faktor koreksi sebagai upaya untuk memperbaiki hasil pengukuran. Nilai tersebut selanjutnya akan dimasukkan ke dalam program Arduino uno sehingga persamaan (1) diubah menjadi:

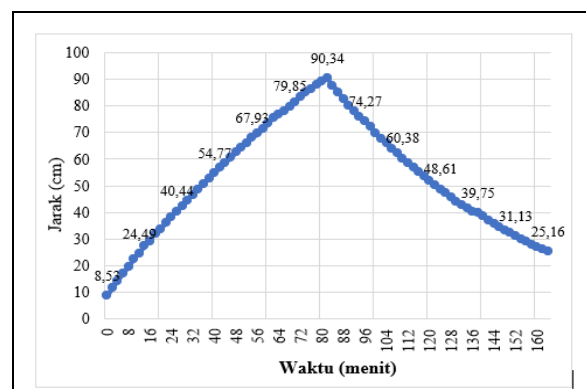
$$d = \{[331.45 + (0.607 \cdot T) + (0.0124 \cdot H)]\} \cdot \text{tof}/2 + 1.38 \quad (4)$$

dengan d adalah jarak permukaan air dengan sensor (m), T adalah suhu lingkungan ($^{\circ}\text{C}$), dan H adalah kelembaban udara (mmHg).

Pengujian Skala Laboratorium

Setelah melalui proses kalibrasi, alat kemudian diuji untuk mengukur fluktuasi air dalam skala laboratorium. Pengujian ini dilakukan untuk melihat kemampuan alat dalam melakukan pengukuran permukaan air yang berfluktuasi. Pengukuran dilakukan dengan cara mengisi air ke dalam drum penampung hingga penuh kemudian secara perlahan-lahan dibuang. Selama proses pengisian dan pengeluaran air, alat bekerja untuk melakukan pengukuran dan merekam data setiap 2 menit. Susunan alat pengujian skala laboratorium dilakukan sama seperti pada proses kalibrasi alat ukur yang telah dijelaskan sebelumnya (Gambar 5).

Grafik pada Gambar 6 merupakan hasil pengujian alat ukur untuk mengukur fluktuasi ketinggian permukaan air dalam drum. Data keseluruhan adalah sebanyak 164 titik data. Grafik menunjukkan tinggi mula-mula permukaan air dari dasar drum adalah 8,53 cm. Selanjutnya, puncak ketinggian air saat terisi penuh adalah 90,34 cm dari dasar drum dan pada menit ke-162, ketinggian air di dalam drum turun hingga 25,16 cm. Secara keseluruhan, grafik menunjukkan perubahan posisi ketinggian permukaan air yang direkam oleh alat ukur. Hal ini menunjukkan bahwa alat ukur peka terhadap perubahan ketinggian permukaan air dalam rentang waktu tertentu.



Gambar 6. Grafik hasil pengukuran ketinggian air di laboratorium Pengujian di Lapangan

Pengujian alat di lapangan dilakukan untuk melihat kinerja alat ketika diterapkan

di lingkungan yang sebenarnya. Pengujian dilakukan di salah satu sungai yang terletak di Amban Pantai, Kelurahan Amban, Distrik Manokwari Barat. Lokasi yang dipilih berada di bawah jembatan yang dialiri oleh sungai. Pemilihan tempat di bawah jembatan memungkinkan untuk melakukan instalasi alat tepat di bawah jembatan dan tegak lurus dengan permukaan air sungai. Dokumentasi proses pengujian alat di sungai dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Proses pengambilan data di sungai

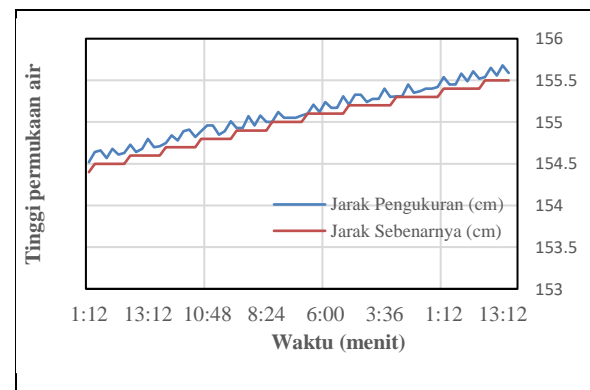
Pengambilan data ketinggian permukaan air sungai dilakukan pada hari Rabu, 26 Oktober 2022 selama enam jam mulai pukul 08.50-14.50 WIT, dengan rentang pengambilan data setiap lima menit sehingga total data yang diperoleh adalah 72 data. Hasil pengujian alat ukur di lapangan dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Hasil pengujian di lapangan

Kriteria	Nilai
Minimum	154,5 cm
Maksimum	155,7 cm
Kesalahan Pengukuran	0,066%
Koefisien Korelasi (R^2)	0,97

Sesuai dengan Tabel 1, dapat dilihat bahwa jangkauan pengukuran hanya berkisar 1,2 cm. Hal ini disebabkan Ketika dilakukan pengujian di lokasi, sedang musim kemarau sehingga tinggi permukaan air sungai relatif

stabil. Sementara itu, kesalahan pengukuran antara meter standar dengan alat ukur yang dikembangkan menunjukkan bahwa kesalahan pengukuran relatif sangat kecil, dengan rata-rata kesalahan pengukuran 0,066 %. Hal ini mengindikasikan bahwa hasil pengukuran tinggi permukaan air sungai menggunakan alat ukur yang dikembangkan relatif sama berimpit dengan hasil pengukuran menggunakan meter standar.

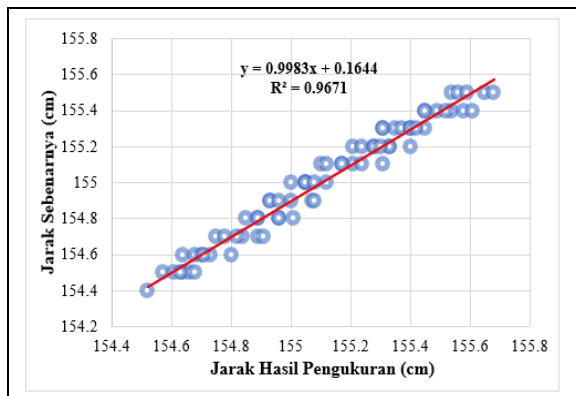


Gambar 8. Hasil pengujian alat untuk mengukur tinggi permukaan air sungai

Gambar 8 menampilkan grafik hasil pengujian alat yang dikembangkan untuk mengukur tinggi permukaan air sungai. Berdasarkan grafik terlihat bahwa hasil pengukuran menggunakan alat ukur yang dikembangkan sangat dekat dengan hasil pengukuran menggunakan meter standar. Selisih pengukuran berada dalam rentang 0-0,21 cm. Hal hasil ini cocok dengan kesalahan pengukuran yang relatif kecil seperti ditampilkan pada Tabel 1.

Selanjutnya jika dilihat koefisien korelasi (R^2) menggunakan regresi sederhana antara hasil pengukuran menggunakan alat ukur yang dikembangkan dengan alat ukur standar menunjukkan bahwa nilai R^2 sebesar 0,97 (Gambar 9). Nilai R^2 yang hampir satu mengindikasikan jika ada keterkaitan yang sangat kuat antara hasil pengukuran menggunakan alat ukur yang dikembangkan dengan hasil pengukuran meter standar. Atau dengan kata lain, trend perubahan ketinggian permukaan air sungai dapat dideteksi dengan

baik oleh alat ukur yang dikembangkan.



Gambar 9. Grafik analisis regresi sederhana antara hasil pengukuran menggunakan meter konvensional dan alat yang dikembangkan

Sesuai dengan hasil pengujian dan pembahasan di atas, dapat direkomendasikan jika alat yang dikembangkan pada penelitian ini menggunakan sensor ultrasonik AJ-SR04M layak untuk digunakan sebagai alat untuk mengukur ketinggian permukaan air sungai. Harga yang relatif murah namun hasil pengukuran akurat, kemudahan memperoleh sensor di pasaran, kedap air sehingga dapat diterapkan di lapangan menjadi keunggulan sensor AJ-SR04M. Namun demikian, untuk pengembangan lebih lanjut, masih perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk aplikasi air sungai yang fluktuasinya sangat besar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa Sensor ultrasonik AJ-SR04M cocok digunakan sebagai sensor jarak pada alat ukur tinggi permukaan air sungai. Hasil pengujian di lapangan menunjukkan bahwa selisih pengukuran antara alat yang dirancang dengan meter standar adalah antara 0-0,21 cm. sementara rata-rata persentase kesalahan berkisar 0,066% dan koefisien korelasi R^2 sebesar 0,97. Hasil tersebut mengindikasikan jika alat ukur yang dirancang cukup akurat dalam mengukur tinggi permukaan air sungai. Selain itu, sensor ini juga kedap

terhadap air sehingga cocok untuk diterapkan di lapangan. Oleh karena itu, sensor ini dapat direkomendasikan untuk dikembangkan sebagai alat ukur tinggi permukaan air sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyunike, W., Sardi, J., 2020. Perancangan Sistem Kontrol Ketinggian Air Sawah Berdasarkan Usia Tanaman Padi Menggunakan Arduino Mega 2560. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 1(2), 26–31
- Erryanto, D., Sudjarwanto, N., Sulistiyanti, S. R., 2017. Rancang Bangun Model Proses Pengisian Air pada Tangki PLTU Berbasis Mikrokontroler ATmegaA8535. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan (JITET)*, 5(1)
- Fikri, R., Lapanoro, B. P., Muh, D., Jumarang, I., 2015. Rancang Bangun Sistem Monitoring Ketinggian Permukaan Air Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA328P Berbasis Web Service. *POSITRON*, 5(2), 42–49
- Huda, M. G. N. 2022. Sistem Monitoring Ketinggian Air Sungai Secara Real Time Berbasis Mikrokontroler. *Syntax Literate; Jurnal Ilmiah Indonesia*, 7(1), 617–631
- James, G., Witten, D., Hastie, T., Tibshirani, R., 2021. *An introduction to statistical learning: with applications in {R}* (Second ed.). Springer
- Kodoatie, R. J. 2021. *Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota*. Penerbit Andi.
- Kuo, L. C., Tai, C. C., 2021. Automatic water-level measurement system for

- confined-space applications. *Review of Scientific Instruments*, 92(8), 085001
- Marioli, D., Narduzzi, C., Offelli, C., Petri, D., Sardini, E., Taroni, A., 1992. Digital Time-of-Flight Measurement for Ultrasonic Sensors. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 41(1), 93–97
- Mohammed, S. L., Al-Naji, A., Farjo, M. M., Chahl, J., 2019. Highly Accurate Water Level Measurement System Using a Microcontroller and an Ultrasonic Sensor. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 518(4), 042025
- Padang, E., Afkri, B., Lewerissa, R., Morin, J. V., Mujasam, M. 2022. Perancangan Alat Ukur Ketinggian Permukaan Air Berbasis Sensor Ultrasonik Mxsonar MB7389 dan Mikrokontroler ATmega328P. *Jurnal Natural*, 18(1), 1–7
- Ramadhani, E. A. 2021. Rancangan bangun sistem monitoring ketinggian air dan curah hujan pada bendungan sebagai peringatan dini banjir berbasis internet of things. *Skripsi*. Universitas Hasanudin. (tidak diterbitkan).
- Perancangan dan Pengujian Alat Ujur Ketinggian Permukaan Air Sungai Jarak Jauh Menggunakan Sensor Ultrasonik Brbasis Internet of Things (IoT). *Skripsi*. Program Studi Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Papua, Manokwari.
- Tourian, M. J., Tarpanelli, A., Elmi, O., Qin, T., Brocca, L., Moramarco, T., Sneeuw, N., 2016. Spatiotemporal densification of river water level time series by multimission satellite altimetry. *Water Resources Research*, 52(2), 1140–1159.
- Tysara, L. 2021. 10 Manfaat Sungai bagi Manusia, Sumber Kehidupan - *Hot Liputan6.com*.
<https://hot.liputan6.com/read/4831984/10-manfaat-sungai-bagi-manusia-sumber-kehidupan>.
- Willner, S. N., Otto, C., Levermann, A. 2018. Global economic response to river floods. *Nature Climate Change*, 8(7), 594–598