

Rancang Bangun Sistem Monitoring Level Air Bendungan Untuk Pengendalian Banjir

Subianto¹, Paulus Lucky Tirma Irawan², Shenata Hanadam Shienjaya³

^{1,2,3} Universitas Ma Chung

¹mochamad.subianto@gmail.com, ²paulus.lucky@machung.ac.id, ³311410013@student.machung.ac.id

ABSTRAK

Seiring perkembangan teknologi permasalahan yang tidak pernah lepas dari masyarakat Indonesia pada umumnya adalah banjir. Banjir adalah fenomena alam yang terjadi karena meluapnya air di selokan, sungai atau danau yang tidak dapat menampung debit air. Banjir terjadi dikarenakan keterlambatan petugas membuka pintu air bendungan. Minimnya petugas pengawas bendungan saat ini mengakibatkan pemantauan bendungan tidak dapat dilakukan dengan maksimal, hal ini menyebabkan terjadinya banjir karena keterlambatan pengaturan pintu air. Pada penelitian ini penulis melakukan perancangan suatu sistem otomasi monitoring level air bendungan untuk pengendalian banjir. Perangkat yang digunakan adalah Raspberry Pi sebagai perangkat yang menerima data ketinggian level air yang diambil oleh sensor ultrasonik HC-SR04. Hasil uji coba sensor ultrasonik mendapatkan rata-rata dari perhitungan MSE (*Mean Square Error*) adalah 0,35 cm yang semakin mendekati nilai 0 menunjukkan bahwa hasil akurasi sensor ultrasonik dapat dikatakan akurat, rata-rata *error* 4,71% sensor menunjukkan akurasi yang sangat baik dengan deviasi sebesar 5,16% yang mendekati rata-rata *error* menunjukkan rentang data hasil pengujian cukup akurat.

Kata Kunci: Raspberry Pi, Sensor Ultrasonik HC-SR04, Banjir, Sistem Monitoring Level Air Bendungan, *Mean Square Error*

ABSTRACT

*Along with the development of technology the problems that have never been separated from Indonesian society in general are floods. Flooding is a natural phenomenon that occurs because of the overflow of water in sewers, rivers or lakes that cannot accommodate water discharge. Floods occur because of the delay in the officers opening the floodgate. The lack of current dam supervisors has resulted in the monitoring of dams not being able to be carried out maximally, this has caused flooding due to the delay in setting the floodgates. In this study the author designed a dam water level monitoring automation system for flood control. The device used is the Raspberry Pi as a device that receives water level height data taken by the HC-SR04 ultrasonic sensor. The results of the ultrasonic sensor test get an average of the calculation of MSE (*Mean Square Error*) is 0.35 cm which is getting closer to the value of 0 indicates that the results of the accuracy of the ultrasonic sensor can be said to be accurate, the average error of 4.71% the sensor shows accuracy that very good with a deviation of 5.16% which is close to the average error, the range of data from the test results is quite accurate.*

Keywords: *Raspberry Pi, HC-SR04 Ultrasonic Senso, Water Level Dam Monitoring, Mean Square Error*

1. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan teknologi yang sangat pesat, banyak teknologi yang bisa diterapkan terhadap berbagai permasalahan bencana. Seperti pada contohnya adalah penggunaan teknologi seismometer untuk mendeteksi gempa dan tsunami yang digunakan oleh BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika). Pada penelitian ini peneliti membahas permasalahan yang tidak pernah lepas dari masyarakat Indonesia pada umumnya adalah banjir. Banjir ini terjadi dikarenakan bendungan yang tidak dapat menampung debit air yang melebihi kapasitas bendungan tersebut.

Berdasarkan data BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana) telah mencatat, terjadi 525 kejadian bencana banjir dengan total 896,682 korban jiwa ditahun 2015, kemudian ditahun 2016 terjadi 824 kejadian bencana banjir dengan total 2,918,351 korban jiwa, dan ditahun 2017 terjadi 979 kejadian bencana banjir dengan 2,518,646 korban jiwa, Kemudian ditahun 2018 866 kejadian bencana

banjir dengan 1.453.803 korban jiwa [1]. Dari data yang didapatkan terbukti bahwa dari tahun ke tahun banjir itu mengakibatkan kerugian yang semakin besar. Dengan meningkatnya bencana banjir tiap tahun, perlunya tindakan dari Pemerintah untuk menanggulangi bencana banjir.

Banjir adalah fenomena alam yang terjadi karena meluapnya air di selokan, sungai atau danau yang tidak dapat menampung debit air. Banjir dapat terjadi karena faktor alam maupun manusia, banjir yang terjadi dari alam biasanya dikarenakan curah hujan yang terus menerus membuat kapasitas sungai meluap. Banjir yang terjadi karena ulah manusia pada umumnya adalah masyarakat yang membuang sampah sembarangan membuat saluran air menjadi tersumbat dan keterlambatan petugas membuka pintu air bendungan dikarenakan minimnya petugas pengawas bendungan saat ini.

Bendungan merupakan pembatas buatan yang digunakan untuk mengubah karakteristik aliran sungai sehingga dapat mencegah terjadinya luapan

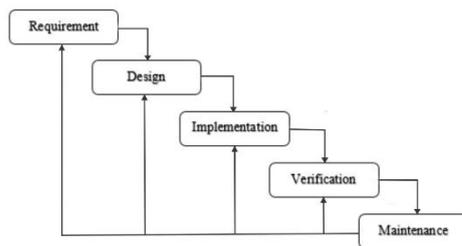
air dan terjadinya banjir. Menurut pendapat para ahli selain bendungan dapat mencegah terjadinya banjir bendungan dapat digunakan untuk mengukur debit sungai, dan memperlambat aliran sungai sehingga menjadikan sungai lebih mudah dilalui oleh air [2].

Sensor ultrasonik, mikrokontroler Arduino Uno, dan labview 2012 merupakan kolaborasi yang bagus untuk memberikan efektifitas kinerja pada monitoring level ketinggian air di waduk bagian hulu pembangkit listrik tenaga air. Dengan adanya penerapan sistem tersebut, sistem ini dapat memberikan efisiensi waktu yang sangat besar dalam proses pengambilan data ketinggian level air [3].

Berdasarkan latar belakang masalah yang sudah dikemukakan tadi, pada penelitian kali ini peneliti akan mencoba membuat sistem monitoring untuk membantu proses pengawasan bendungan, terutama ketika tenaga pengawas bendungan kurang. Sehingga sistem ini dapat memberikan notifikasi tanpa membutuhkan kehadiran tenaga pengawas.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Tahap pengembangan sistem dalam proses pembuatan sistem monitoring level air menggunakan Raspberry Pi, dalam penelitian ini penulis menggunakan siklus metodologi model waterfall sebagai acuan mengerjakan penelitian.



Gambar 1. Model Waterfall

Gambar 1 merupakan bagan model waterfall dalam melakukan penelitian berupa, analisis kebutuhan sistem, perancangan sistem, implementasi sistem, pengujian dan evaluasi, dokumentasi [4].

Berdasarkan analisis pada sistem yang akan dibuat, terdapat beberapa permasalahan yang terjadi pada saat pemantauan bendungan. Penjaga pintu air di bendungan melakukan monitoring secara manual

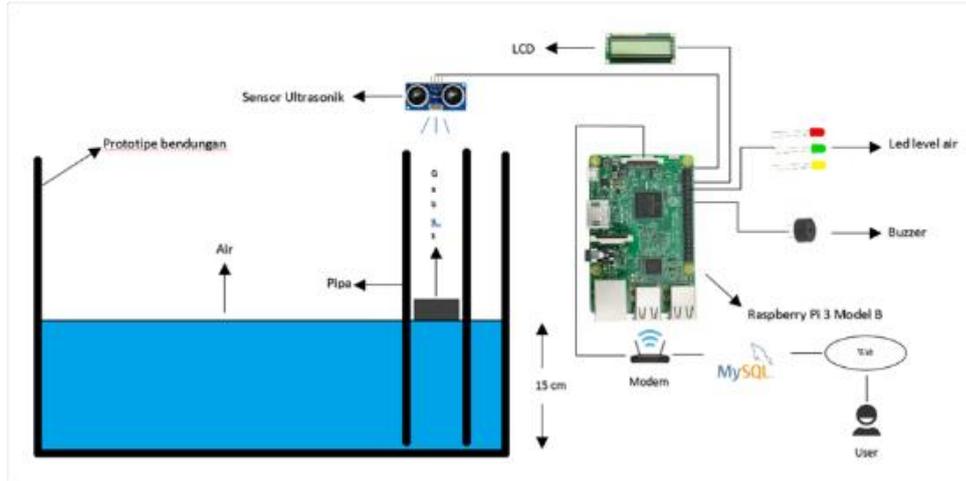
terpaku pada tanda warning yang hanya dapat dilihat di area sekitar bendungan membuat sulitnya terpantau secara maksimal. Kemudian sulitnya masyarakat untuk dapat melihat kondisi level air bendungan baik di sekitar bendungan maupun di luar jangkauan bendungan.

Analisis Kebutuhan Sistem

Langkah awal dalam penelitian ini adalah analisis terhadap kebutuhan sistem melalui pengumpulan data dalam tahap ini dengan menggunakan analisis. Berdasarkan Analisis yaitu metodologi *monitoring* level air bendungan secara manual membuat tidak efisien, sehingga terjadinya banjir dikarenakan petugas pemantau bendungan terlambat untuk membuka pintu air dan petugas tidak bisa melakukan tindakan cepat karena informasi level air di bendungan lainnya mengandalkan petugas disana mengirimkan informasi statusnya. Oleh karena itu dibutuhkan sistem yang dapat melakukan *monitoring* level air bendungan secara *realtime*. Dengan menggunakan perangkat Raspberry Pi beserta sensor ultrasonik dapat memudahkan pengawas bendungan dan masyarakat untuk dapat mengetahui level air pada bendungan tanpa harus ke bendungan itu sendiri.

Sensor ultrasonik adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek atau benda tertentu beserta jarak dengan frekuensi kerja pada daerah di atas gelombang suara dari 20 kHz hingga 2 MHz [5].

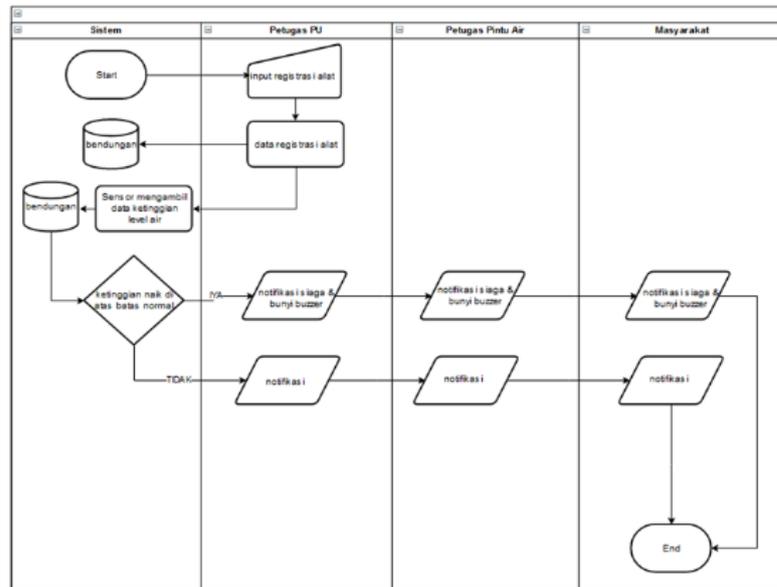
Dalam perancangan topologi sistem ini untuk menyempurnakannya dibutuhkan beberapa komponen agar sistem ini dapat berjalan dengan baik. Komponen-komponen yang dibutuhkan adalah Prototipe bendungan, Raspberry Pi 3, Pipa, Aquarium, Gabus, Sensor Ultrasonik, Buzzer, LCD (Liquid Crystal Display), LED (Light-Emitting Diodes) Indikator, Adaptor 5V 2A, Smartphone. Raspberry Pi merupakan device embedded system dalam jenis single board computer. Raspberry Pi memiliki system on chip Broadcom bcm2835 dengan prosesor ARM1176JZF-S 700 MHz. Raspberry Pi dapat diinstall sistem operasi yang mendukung dengan teknologi ARM seperti Raspbian OS, Arch Linux[6]. Gambar 2 merupakan perancangan topologi sistem bendungan.



Gambar 2. Perancangan Topologi Sistem Bendungan.

Sistem monitoring yang dirancang untuk melakukan proses pengukur ketinggian air dengan menggunakan sensor ultrasonik. Pada proses pertama petugas pintu air melakukan input registrasi alat secara manual melalui proses data registrasi alat yang kemudian dimasukkan ke dalam database bendungan. Kemudian sensor pada alat akan mengambil data ketinggian level air, dari database jika ketinggian level air lewat pada batas normal

maka akan diberikan notifikasi siaga dan bunyi *buzzer* pada petugas PU, petugas pintu air dan masyarakat berupa perubahan indikator lampu LED dan bunyi *buzzer* dengan delay 2 pada siaga 2 dan delay 1 detik pada siaga 3. Notifikasi yang diberikan bila ketinggian berada batas normal berupa informasi ketinggian level air. Gambar 3 merupakan *flowchart* monitoring bendungan



Gambar 3. Flowchart Monitoring Bendungan

Perangkat keras yang dibutuhkan pada pembuatan alat ini agar terbentuk sistem monitoring level air menggunakan Raspberry Pi yang meliputi perangkat keras dan perangkat lunak. Perancangan ini membutuhkan komponen-komponen untuk memenuhi alat tersebut antara lain adalah Sensor Ultrasonik HC-SR04 Resistor 470 ohm, 1k ohm, dan 2k ohm, LED Indikator (biru, hijau, kuning, merah),

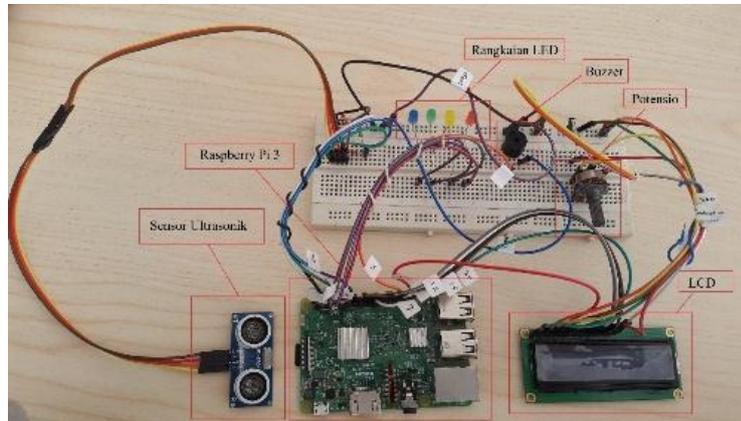
gabus, buzzer, project board, box elektro, akuarium, pipa, adaptor 5V 2A, laptop, Raspberry Pi 3, LCD 16x2, Potensio, Storage Micro SD, Smartphone Galaxy S5. Kemudian perangkat lunak yang dibutuhkan berupa siste operasi raspberry pi Noobs, sistem operasi server windows 7, python, VNC (Virtual Network Computing), MySQL, XAMPP, Sublime.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam perancangan sistem sampai tahap akhir dilakukan perancangan sistem dalam bentuk project board untuk mengetahui sistem yang telah dirancang dapat dijalankan dengan baik.

Gambar 4 merupakan rangkaian perangkat keras yang telah dirangkai meliputi rangkaian sensor

ultrasonik, Raspberry Pi 3, rangkaian LED, *Buzzer*, Potensio, dan LCD yang telah berfungsi dengan baik dengan memasukkan power 5V dan 3A. Rangkaian perangkat keras yang telah dirancang di atas telah berjalan dengan kemudian dilakukan perancangan terakhir dengan menggunakan *box electro* sebagai rangkaian akhir.



Gambar 4. Rangkaian Perangkat Keras

Pada hasil perancangan perangkat keras yang telah dibuat kemudian dirangkai ke dalam *box* elektro. Seperti pada gambar 4 bagian (a) merupakan sisi depan *box* elektro yang digunakan untuk menampilkan LCD, rangkaian LED, dan *buzzer*. Pada bagian (b) sesuai gambar merupakan bagian dalam *box* yang digunakan untuk menampung rangkaian kabel dengan perangkat keras Raspberry Pi, rangkaian LED, LCD 16x2, Potensio, dan *buzzer*. Bagian (c) sesuai dengan gambar merupakan bagian belakang untuk membuat posisi Raspberry pi agar tidak berubah. Bagian (d) merupakan sisi kiri *box* yang digunakan untuk memasang *power supply*, hdmi, dan jack. Bagian (e) merupakan sisi kanan *box* yang digunakan untuk memasang sensor ultrasonik HC-SR04 berupa *port* pin vcc, *trigger*, *echo*, *ground*, dan di bawahnya terletak potensio 100k berfungsi untuk mengatur kontras LCD. Bagian (f) merupakan sisi bawah *box* yang terdapat *port* LAN dan 4 port usb. Berikut merupakan Gambar 5 struktur hasil rangkaian.

Pada bagian ini merupakan hasil rangkaian dari komponen-komponen yang telah dirangkai. Proses jalannya sistem ini dari air galon yang mengalir menggunakan pompa air menuju akuarium yang kemudian akan menaikkan ketinggian gabus yang berada di dalam pipa, gabus yang terangkat akan dideteksi oleh sensor ultrasonik yang kemudian data ketinggian tersebut diolah oleh perangkat Raspberry Pi. Data sensor yang didapatkan dikirim ke *database server* yang kemudian ditampilkan pada LCD Raspberry Pi dan antarmuka website. Indikator LED akan menyala sesuai dengan ketinggiannya air beserta bunyi *buzzer* jika air mencapai pada status siaga 2 dan siaga 3. Berikut pada gambar 4.3 merupakan hasil rangkaian sistem otomasi monitoring. Berikut merupakan gambar 6. Hasil rangkaian sistem otomasi monitoring.



Gambar 5. Struktur Hasil Rangkaian

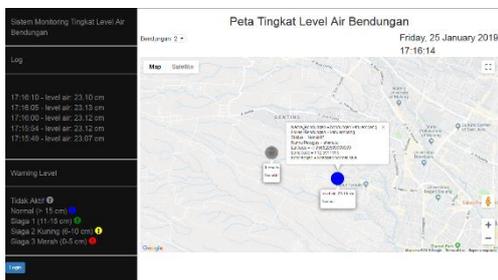
(a)Sisi depan (b)Bagian dalam (c)Bagian belakang (d)Sisi kiri (e)Sisi kanan (f)Sisi bawah



Gambar 6. Hasil Rangkaian Sistem Otomasi Monitoring

Tampilan *website* berikut merupakan laman yang dapat diakses oleh masyarakat tanpa melakukan *login* atau registrasi. Di laman ini masyarakat dapat melihat peta tingkat level air bendungan yang terdapat log ketinggian level air

pada bendungan beserta *warning* level terhadap ketinggian-ketinggian yang sudah ditetapkan pada *warning* level. Pada *marker* terdapat notifikasi ketinggian air pada saat itu dan status pada bendungan. *Marker* akan berubah warna sesuai dengan status peringatan siaga. Berikut merupakan Gambar 6 antarmuka lama home masyarakat:



Gambar 7. Antarmuka Laman Home Masyarakat

Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 dilakukan dengan pengisian akuarium dengan air yang akan menaikkan ketinggian gabus yang berada dalam pipa yang sudah ditempelkan ke dalam akuarium. Pengujian dilakukan dengan mengukur tinggi mula-mula gabus pada ketinggian 3 cm dari permukaan dasar akuarium dan batas maksimal ketinggian air 19,5 cm. Untuk menghitung akurasi hasil pembacaan sensor dengan menggunakan rumus Rata-rata, Persentase Error, Standar Deviasi, dan MSE.

Standar deviasi merupakan rumus yang biasa digunakan untuk mengukur seberapa besar sebaran nilai data yang didapat dari nilai data aktual dan nilai data yang diukur. Semakin rendah standar deviasi maka semakin mendekati rata-rata, sedangkan jika nilai standar deviasi semakin tinggi maka semakin lebar rentang variasi datanya [7].

MSE atau *Mean Square Error* merupakan suatu rumus yang digunakan untuk mengukur nilai *error* terhadap data sampel dengan menghitung nilai yang aktual dan nilai yang diukur. Semakin mirip kedua nilai maka nilai MSE yang didapat semakin mendekati nol [8].

Pada tahap akhir pengujian akurasi sensor dilakukan perhitungan rata-rata pada tiap nilai yang sudah di hitung dengan menggunakan rumus hasil rata-rata *error*, standar deviasi, dan MSE.

Dari hasil pengujian sebanyak 5 kali di dapatkan hasil rata-rata *error* 4,71%, rata-rata standar deviasi 5,16%, MSE 0,35 cm. Pada hasil rata-rata yang didapatkan secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa rata-rata *error* masih dapat dikatakan baik dengan toleransi rata-rata *error* adalah 10% dan dapat dikatakan akurat, hasil rata-rata MSE yang semakin mendekati nilai 0 menunjukkan bahwa hasil akurasi sensor ultrasonik dapat dikatakan akurat, dan nilai standar deviasi

5,16%. Berikut merupakan Tabel 1 hasil pengujian kesimpulan rata-rata akurasi sensor ultrasonik:

Tabel 1. Kesimpulan Rata-Rata Akurasi Sensor Ultrasonik

No	Pengujian	Rata-Rata Error (%)	Standar Deviasi (%)	MSE (cm)
1	1	5,43	6,08	0,26
2	2	8,73	3,27	1,06
3	3	2,71	3,38	0,14
4	4	3,71	6,11	0,14
5	5	2,99	6,98	0,13
Rata-rata hasil		4,71	5,16	0,35

Setelah melakukan pengujian sensor ultrasonik, kemudian dilakukan pengujian dengan menggunakan stopwatch untuk mengetahui berapa *delay* didapatkan oleh *buzzer* pada status siaga 2 dan siaga 3 terhadap pengambilan data oleh sensor. Berikut merupakan tabel 2 pengujian *delay buzzer*:

Tabel 2. Pengujian Delay Notifikasi

No	Normal (detik)	Siaga 1 (detik)	Siaga 2 (detik)	Siaga 3 (detik)
1	3,08	1,40	3,79	2,53
2	1,55	1,41	3,82	2,80
3	3,16	1,21	3,82	2,84
4	2,55	1,03	3,17	2,69
5	3,11	0,77	3,82	2,47
Rata-rata (detik)	2,69	1,16	3,68	2,66

Berdasarkan tabel 2 di atas, hasil nilai rata-rata pengujian yang ditemukan status normal rata-rata *delay* 2,69 detik, status siaga 1 rata-rata *delay* 1,16 detik, siaga 2 rata-rata *delay* 3,68 detik, dan siaga 3 rata-rata *delay* 2,66 detik. Dapat disimpulkan pengiriman data notifikasi Raspberry Pi menuju antarmuka *website* peta tingkat level air bendungan kurang baik dengan toleransi waktu 1 detik.

Pengujian LED dengan menunjukkan batas ketinggian tiap sensor yang telah ditentukan. Pada sistem monitoring ini digunakan 4 lampu LED yang ditempatkan pada *box electro* sebagai indikator *warning* ketinggian air. Indikator lampu LED akan menyala biru sebagai normal (>16cm), hijau sebagai siaga 1 (11-15cm), kuning sebagai siaga 2 (6-10cm), merah sebagai siaga 3 (0-5cm).

Setelah melakukan pengujian nyala indikator LED, kemudian dilakukan pengujian dengan stopwatch untuk mengetahui berapa *delay* didapatkan oleh LED pada status normal, siaga 1, siaga 2 dan siaga 3 terhadap pengambilan data oleh sensor. Berikut merupakan tabel 3 pengujian *delay* LED:

Tabel 3. Pengujian Delay LED

No	Normal (detik)	Siaga 1 (detik)	Siaga 2 (detik)	Siaga 3 (detik)
1	1,67	0,13	0,10	0,35
2	2,03	0,01	0,12	0,01
3	1,71	0,50	0	0,32
4	2,25	0,49	0,12	0,02
5	1,68	0,19	0,14	0
Rata-rata (detik)	1,87	0,26	0,10	0,14

Pengujian juga dilakukan terhadap antarmuka *login*, register, laman *home* masyarakat, laman *home* petugas PU, edit informasi alat, laman *home* petugas pintu air, edit keterangan alat, dan *logout* dapat dikatakan berhasil. Berikut merupakan Tabel 4, hasil pengujian:

Tabel 4. Tabel Uji Coba Antarmuka Website

Proses	Pengujian
<i>Login</i>	Berhasil
Register	Berhasil
Akses Laman <i>Home</i> Masyarakat	Berhasil
Akses Laman <i>Home</i> Petugas PU	Berhasil
Register Petugas Pintu Air	Berhasil
Edit Informasi Alat	Berhasil
Akses Laman <i>Home</i> Petugas Pintu Air	Berhasil
Edit Keterangan Alat	Berhasil
<i>Logout</i>	Berhasil

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengerjaan tugas akhir, sistem yang telah dibuat dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil uji coba akurasi data yang diperoleh dari sensor ultrasonik rata-rata *error* 4,71% sensor menunjukkan akurasi yang sangat baik dengan deviasi sebesar 5,16%, yang mendekati rata-rata *error* menunjukkan rentang data hasil pengujian cukup akurat, dan MSE 0,35 cm yang mendekati angka nol atau data yang diambil sensor dan data yang diinginkan cukup akurat.
2. Sistem monitoring level air bendungan untuk pengendalian banjir menggunakan Raspberry Pi 3 yang dibuat dapat berjalan dengan baik dengan rata-rata waktu tunggu sampai *buzzer* pada siaga 2 adalah 3,68 detik dan pada siaga 3 adalah 2,66 detik.

Berdasarkan sistem yang telah dibuat, berikut ini adalah saran yang dapat dilakukan untuk mengembangkan sistem:

1. Pada pengujian sensor ultrasonik mengalami *error* yang cukup signifikan di ketinggian 3-8 cm, sehingga memerlukan evaluasi terhadap pengambilan ketinggian yang diukur.
2. Dapat menggunakan sensor ultrasonik yang memiliki daya tahan terhadap air apabila sensor terkena air.

3. Menggunakan perangkat mobile untuk monitoring ketinggian level air dan *firebase* sebagai *database* untuk memaksimalkan *realtime* terhadap pengiriman data ketinggian yang dimonitoring.

5. REFERENSI

- [1] BNPB, "Laporan Bencana Alam Di Indonesia," *BNPN*, 2019. [Online]. Available: <http://bnpb.cloud/dibi/tabel1a>.
- [2] A. F. Gultom and Agustinus Sebayang, "Analisis Stabilitas Bendungan Way Biha Lampung," *Institut Teknologi Bandung*, 2009. [Online]. Available: <https://docplayer.info/32976798-Analisis-stabilitas-bendungan-way-biha-lampung.html>.
- [3] M. Rizki and R. Amri, "Perancangan Kontrol dan Monitoring Level Ketinggian Air di Waduk Bagian Hulu Untuk Meningkatkan Efektifitas Kinerja PLTA Koto Panjang," *Jom FTEKNIK*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2016.
- [4] A. R. Mulyono, *Rekayasa Perangkat Lunak Jilid 1*, vol. 151. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah kejuruan, 2015.
- [5] U. M. Arief, "Pengujian Sensor Ultrasonik PING untuk Pengukuran Level Ketinggian dan Volume Air," *Elektr. Enj.*, vol. 9, no. 2, 2011.
- [6] S. Sjogelid, *Raspberry Pi for Secret Agents Turn your Raspberry Pi into your very own secret agent toolbox with this set of exciting projects!* Birmingham - Mumbai: PACKT, 2013.
- [7] N. Yanti, Y. Yulkifli, and Z. Kamus, "Pembuatan Alat Ukur Kelajuan Angin Menggunakan Sensor Optocoupler Dengan Display Pc," *Sainstek J. Sains dan Teknol.*, vol. 7, no. 2, pp. 95–108, 2015.
- [8] R. Abdubrani and S. S. N. Alhady, "Performance improvement of contactless distance sensors using neural network," in *IMMURO'12 Proceedings of the 11th WSEAS international conference on Instrumentation, Measurement, Circuits and Systems, and Proceedings of the 12th WSEAS international conference on Robotics, Control and Manufacturing Technology, and Proceedings of the 12*, 2012, pp. 146–151.