

KONTROL PINTU AIR BERBASIS FUZZY LOGIC PADA SISTEM BENDUNGAN (DESIGN OF WATER DAM CONTROL SYSTEM BASED ON FUZZY LOGIC)

Theo Chandra Kusuma¹, Ekki Kurniawan², Estananto³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹theoandrakusuma@students.telkomuniversity.ac.id, ²ekki.kurniawan@telkomuniversity.ac.id,

³estananto@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada bendungan – bendungan yang sudah ada terdapat pintu air yang digunakan untuk mengatur banyaknya air dalam bendungan tersebut. Pintu air harus dijaga setiap saat oleh petugas penjaga pintu supaya air dalam bendungan tidak melebihi batas yang seharusnya dengan tujuan untuk menghindari terjadinya *overtopping* yang dapat merusak bendungan, contohnya anak bendungan Urugan Batu Jawa Tengah. Oleh karena itu alat ini dibuat untuk meringankan pekerjaan dan memudahkan dalam pengawasan bendungan.

Metode yang diajukan untuk sistem kontrol adalah *fuzzy logic controller*. Sensor ultrasonik sebagai input dari sistem yang akan di proses pada mikrokontroler dan motor DC sebagai output dari sistem yang akan menggerakkan pintu air pada bendungan. Hasil pemantauan keadaan bendungan akan ditampilkan pada suatu halaman web.

Sistem yang diuji menggunakan sensor HC – SR04 dengan dimensi bendungan 25 cm x 20 cm x 17,5 cm. Berdasarkan hasil pengujian, error pembacaan ketinggian $\pm 0,1$ cm dengan pembukaan pintu air rata-rata kesalahan $\pm 0,3$ cm. Sensor dapat mengukur ketinggian dan debit air serta sistem pintu otomatis dapat bekerja dengan baik. Untuk monitoring keadaan bendungan dengan web server pada suatu halaman web dapat ditampilkan dengan baik.

Kata kunci: HC- SR04,, mikrokontroler, fuzzy logic controller, motor DC, web server.

Abstract

In dams that already exist there dam gates are used to adjust the amount of water in the dam. The dam gate should be maintained at all times by a guardian of the gate that the water in the dam should not exceed the limits in order to avoid the occurrence of *overtopping* which could damage the dam, for example Urugan Batu dam Central Java. Therefore, these tools are made to ease the job and facilitate the supervision of the dam.

The method proposed for the control system is a *fuzzy logic controller*. Ultrasonic sensors as the input of the system to be processed in the microcontroller and DC motor as the output of the system which will move the dam gate on the dam. The results of monitoring the state of the dam will be displayed on a web page.

The system was tested using a sensor HC - SR04 with dam dimension 25 cm x 20 cm x 17.5 cm. Based on the test results, the altitude reading error ± 0.1 cm by opening the dam gate of the average error ± 0.3 cm. The sensor can measure altitude and discharge water as well as automatic dam gate system can work properly. For monitoring the state of the dam with a web server to a web page can be displayed properly.

Keywords: HC – SR04, mikrokontroler, fuzzy logic controller, motor DC, web server.

1. Pendahuluan

Bendungan adalah suatu konstruksi bangunan yang bertujuan untuk menahan laju air. Bendungan juga dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik (PLTA), irigasi, ataupun rekreasi. Maka dari itu pengawasan terhadap bendungan perlu dilakukan agar pemanfaatannya dapat dirasakan secara terus – menerus.

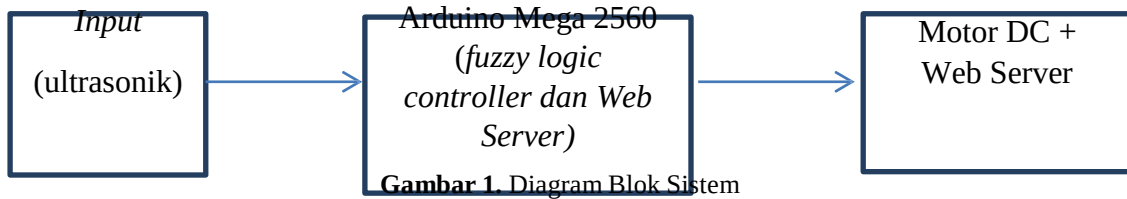
Salah satu bagian pada bendungan yaitu pintu air, pintu air bertujuan untuk membuang air yang tidak diinginkan secara bertahap atau berkelanjutan. Sistem pengaturan air di bendungan saat ini masih menggunakan sistem buka tutup pintu air secara manual, oleh karena itu sebaiknya pengendalian pintu air bekerja secara otomatis karena perubahan volume air yang selalu berubah – ubah dalam periode waktu yang tidak menentu.

Untuk mengatasi hal tersebut di perlukan suatu alat pengendali yang dapat mengukur ketinggian dan debit air dan dapat membuka atau menutup pintu secara otomatis. Dengan sistem otomatis ini faktor kelalaian

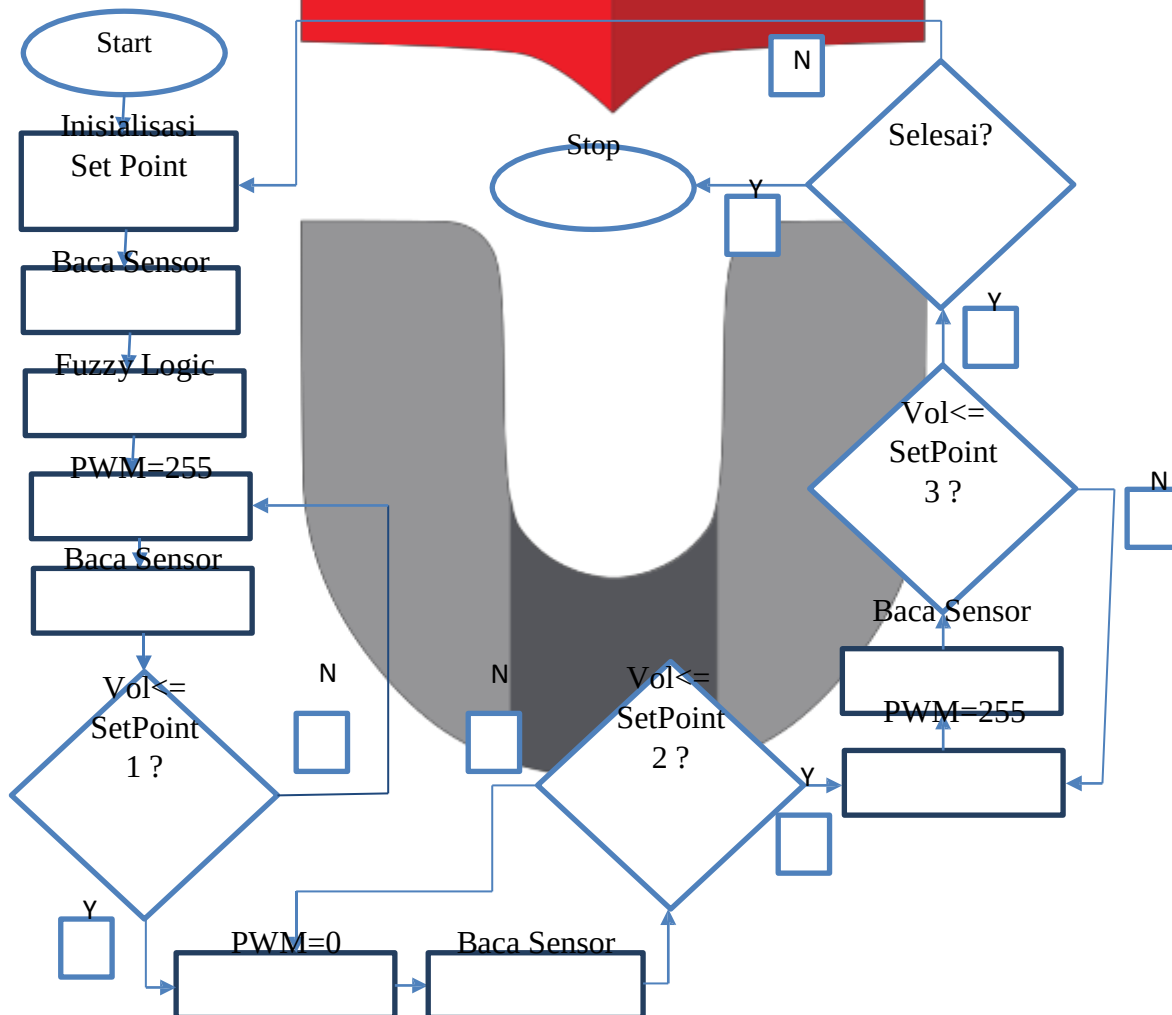
yang sering terjadi pada manusia dapat dihindari. Dengan alat ini maka sistem pengendalian bendungan air ini akan semakin mudah, efisien dan stabil.

2. Dasar Teori dan Perancangan

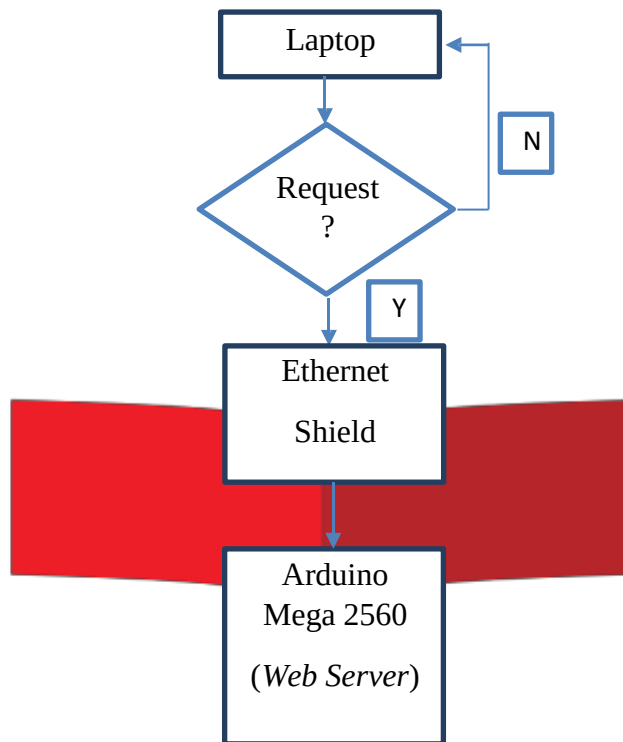
2.1. Perancangan Sistem



Sistem kontrol yang dirancang terdiri atas tiga bagian utama, yaitu: (1) Sensor ultrasonik HC – SR04 sebagai perangkat pembaca ketinggian air, (2) mikrokontroler Arduino Mega 2560 yang digunakan untuk melakukan pengolahan data dari *input* dengan sistem kontrol *fuzzy logic*. (3) Motor DC mendapatkan nilai dari proses *defuzzyfikasi* dari mikrokontroler untuk menggerakkan pintu air sedangkan *web server* untuk monitoring keadaan bendungan.



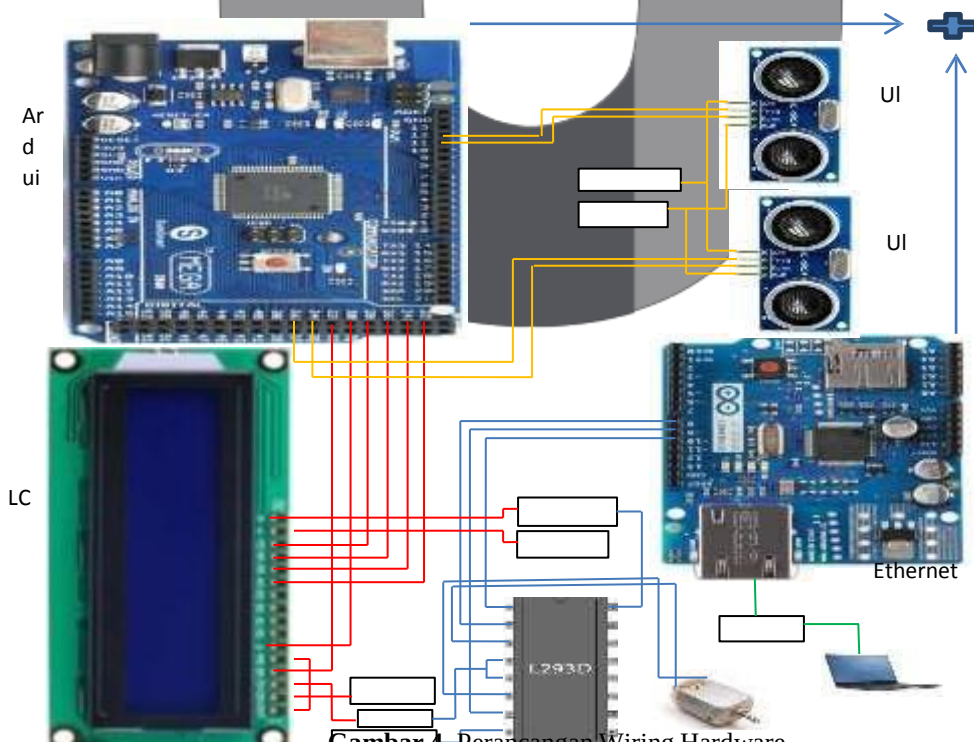
Pada awal program, dilakukan inisialisasi set point dan memulai pembacaan sensor ultrasonik HC – SR04 dan data yang didapat akan di proses dengan *fuzzy logic controller*, hasil dari *fuzzy logic* digunakan untuk nilai – nilai set point yang akan digunakan untuk proses pembukaan dan penutupan pintu.



Gambar 3. Diagram Alir Monitoring

Pada awalnya laptop melakukan request terhadap server dengan cara memasukkan alamat ip server ke suatu web browser. Web browser akan memberikan tampilan hasil dari monitoring keadaan bendungan pada suatu halaman web.

2.2. Perancangan Hardware



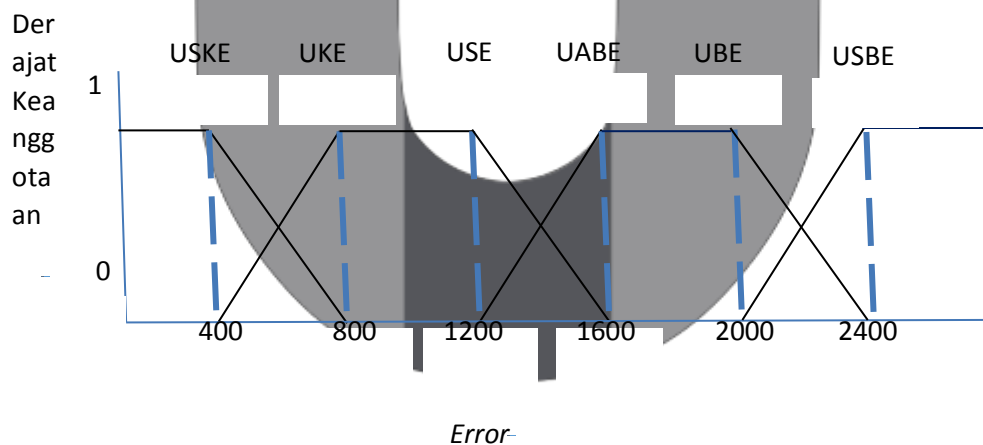
Gambar 4. Perancangan Wiring Hardware

Keterangan:

- a. Kabel warna merah adalah wiring antara lcd dengan arduino mega 2560.
 - Pin D4 LCD = Pin 22 arduino
 - Pin D5 LCD = Pin 24 arduino
 - Pin D6 LCD = Pin 26 arduino
 - Pin D7 LCD = Pin 28 arduino
 - Pin RS LCD = pin 32 arduino
 - Pin E LCD = pin 30 arduino
 - Pin A, VSS, V0 = pin GND
 - Pin K, VDD = pin VCC 5V
- b. Kabel warna orange adalah wiring antara sensor ultrasonik dengan arduino mega 2560.
 - Sensor 1 :
 - Pin trigger = pin 6 arduino
 - Pin echo = pin 7 arduino
 - Sensor 2 :
 - Pin trigger = pin 3 arduino
 - Pin echo = pin 2 arduino
 - Pin VCC = pin VCC 5v
 - Pin GND = pin GND
- c. Kabel warna biru adalah wiring antara driver motor dengan motor dc dan arduino mega 2560.
 - Pin 1 L293D = pin 5 arduino
 - Pin 2 L293D = pin 8 arduino
 - Pin 3 L293D = motor dc
 - Pin 4, 5 L293D = GND
 - Pin 6 L293D = motor DC
 - Pin 7 L293D = pin 9 arduino
 - Pin 8 L293D = VCC 12 V
 - Pin 16 L293D = VCC 5V
- d. Kabel warna hijau adalah wiring antara laptop dengan arduino lewat kabel RJ45.

2.3. Perancangan Software

Himpunan masukan *error* diperoleh dari selisih antara tinggi air yang diinginkan dengan tinggi air aktual lalu dikalikan dengan 500.



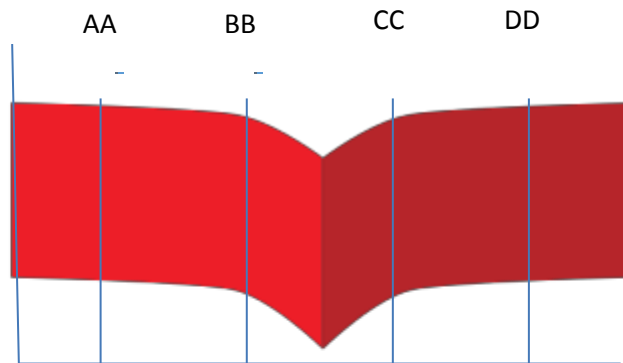
Gambar 5. Himpunan Masukan Error

Rules untuk pengaturan pengambilan keputusan yang berupa matriks yang berisi nilai – nilai *output* untuk motor :

Tabel 1. Matriks Rules untuk *Output fuzzy*

USKE	UKE	USE	UABE	UBE	USBE
AA	BB	BB	CC	CC	DD

Pada **Tabel 1.** berisi rules *output fuzzy* untuk motor yang akan digunakan pada akhir proses *fuzzy* untuk menentukan nilai *output* yang akan diambil.



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan *output fuzzy*

3. Pengujian dan Analisis

3.1. Pengujian LCD 16x2

Tabel 2. Hasil Pengujian pada *Alphanumeric LCD 16x2*

Pengujian ke -	Masukkan karakter dari Arduino	<i>Output</i> tampilan karakter pada LCD
1.	"1105120011"	"1105120011"
2.	"THEO CHANDRA"	"THEO CHANDRA"
3.	"TIME IS UP"	"TIME IS UP"
4.	"LCD test"	"LCD test"
5.	"1234567890"	"1234567890"

Hasil yang didapat dari pengujian adalah semua *output* karakter yang dihasilkan pada *alphanumeric LCD 16x2* sama dengan karakter yang dikirim oleh arduino.

3.2. Pengujian Sensor Ultrasonik HC – SR04

3.2.1 Sensor Pertama

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik HC – SR04 Pertama

Pengujian ke -	Sensor	Mistar
1.	0,039 cm	0 cm
2.	5.738 cm	5,7 cm
3.	9.277 cm	9,3 cm
4.	11,55 cm	11,6 cm
5.	14,59 cm	14,22 cm

3.2.2 Sensor Kedua

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik HC – SR04 Kedua

Pengujian ke -	Sensor	Mistar
1.	0 cm	0 cm
2.	3,16 cm	3 cm
3.	6,99 cm	7 cm
4.	9.10 cm	9,3 cm

Hasil yang didapat dari pengujian adalah sensor ultrasonik sebagai pengukur ketinggian air cukup layak karena *error* yang dihasilkan $\pm 0,1$ cm.

3.3. Pengujian Fuzzy Logic

3.3.1 Pengujian pada ketinggian 11,371 cm

1. Perhitungan manual

Nilai:

$$e = 11,37 - 10$$

$$e = 1,37$$

$$e = 25 \times 20 \times 1,37$$

$$e = 685$$

defuzzyfikasi:

$$uske = ((800 - 685) / (800 - 400))$$

$$uske = 0,2875$$

$$uke = ((685 - 400) / (800 - 400))$$

$$uke = 0,7125$$

$$defuzzy = (((aa \times uske) + (bb \times uke)) / (uske + uke))$$

$$defuzzy = (((0 \times 0,2875) + (0,25 \times 0,7125)) / (0,2875 + 0,7125))$$

$$defuzzy = 0,178125$$

2. Perhitungan pada program

Ketinggian air = 11,37 cm

Defuzzy = 0,18

3.3.2 Pengujian pada ketinggian 12,24 cm

1. Perhitungan manual

Nilai:

$$e = 12,24 - 10$$

$$e = 2,24$$

$$e = 25 \times 20 \times 2,24$$

$$e = 1120$$

defuzzyfikasi:

$$\text{defuzzy} = (1 \times bb)$$

$$\text{defuzzy} = (1 \times 0,25)$$

$$\text{defuzzy} = 0,25$$

2. Perhitungan pada program

Ketinggian air = 12,24 cm

$$\text{defuzzy} = 0,25$$

3.3.3 Pengujian pada ketinggian 14,11 cm

1. Perhitungan manual

Nilai:

$$e = 14,11 - 10$$

$$e = 4,11$$

$$e = 25 \times 20 \times 4,11$$

$$e = 2055$$

defuzzyfikasi:

$$ube = ((2400 - 2055) / (2400 - 2000))$$

$$ube = 0,8625$$

$$usbe = ((2055 - 2000) / (2400 - 2000))$$

$$usbe = 0,1375$$

$$\text{defuzzy} = (((cc \times ube) + (dd \times usbe)) / (ube + usbe))$$

$$\text{defuzzy} = (((0,35 \times 0,8625) + (0,45 \times 0,1375)) / (0,8625 + 0,1375))$$

$$\text{defuzzy} = 0,36375$$

2. Perhitungan pada program

Tinggi air = 14,11 cm

$$\text{defuzzy} = 0,36$$

Hasil yang didapat dari pengujian adalah nilai *output fuzzy* yang didapatkan dari perhitungan manual dan program akurat.

3.4. Pengujian Pintu Air

Pengujian pertama dilakukan pada waktu 3 s.

Tabel 5. Tabel Tinggi Pintu Air yang terbuka pada Pengujian 1

Percobaan ke -	Waktu (s)	Tinggi Pintu Air (cm)
1.	3	1,04
2.	3	1,04
3.	3	0,78
4.	3	1,04
5.	3	0,78

Pengujian kedua dilakukan pada waktu 6 s.

Tabel 6. Tabel Tinggi Pintu Air yang terbuka pada Pengujian 2

Percobaan ke -	Waktu (s)	Tinggi Pintu Air
1.	6	1,82 cm
2.	6	1,82 cm
3.	6	1,82 cm
4.	6	1,82 cm
5.	6	1,30 cm

Pengujian ketiga dilakukan pada waktu 9 s

Tabel 7. Tabel Tinggi Pintu Air yang terbuka pada Pengujian 3

Percobaan ke -	Waktu (s)	Tinggi Pintu Air (cm)
1.	9	3,39
2.	9	3,13
3.	9	2,86
4.	9	2,86
5.	9	2,86

Hasil yang di dapat dari pengujian adalah tinggi air pintu yang terbuka tidak selalu sama dikarenakan kurang maksimalnya pembacaan sensor dan mekanika sistem. Pada pengujian ke – 1 menghasilkan nilai tinggi pintu air dengan rata – rata 0,936 cm, pada pengujian ke – 2 menghasilkan nilai tinggi pintu air dengan rata – rata 1,716 cm, pada pengujian ke – 3 menghasilkan nilai tinggi pintu air dengan rata – rata 3,02 cm.

3.5. Pengujian Kinerja Alat

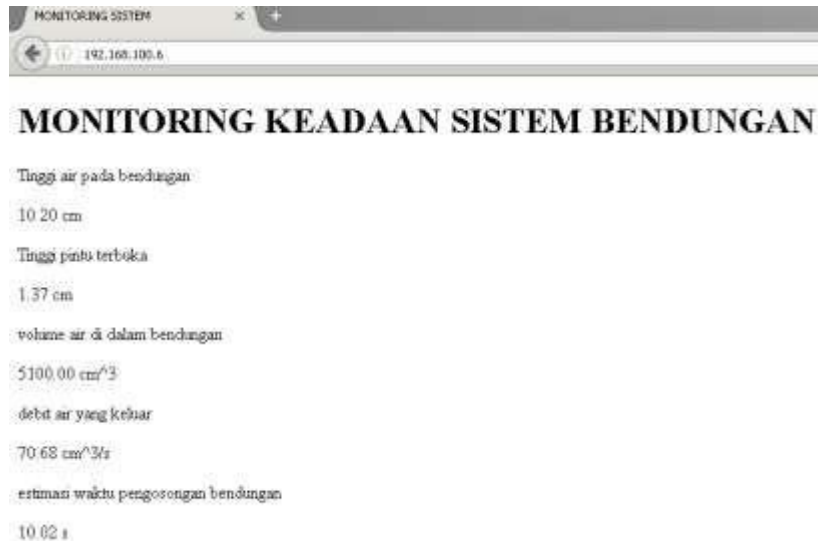
Tabel 8. Pengujian Sistem

No	Tinggi air sebelum (cm)	Tinggi air sesudah (cm)	Δh (cm)	ΔV (cm ³)	Pintu Terbuka (cm)	Debit (cm ³ /s)	Tekanan (dn/cm ²)	Waktu Sistem (s)
1	11,08	10,2	1,08	540	1,37	70,68	10.858,4	7,64
2	11,46	9,95	1,46	730	1,63	81,93	11.230,8	8,91
3	12,34	10,07	2,34	1.170	1,63	121,24	12.093,2	9,65
4	13,60	9,95	3,60	1.800	2	169,33	13.126,1	10,63
5	14,10	10,07	4,1	2.050	2	172,41	13.818	11,89

Hasil yang di dapat dari pengujian adalah sistem dapat bekerja dengan baik dan dapat membuka dan menutup pintu secara otomatis serta dapat mengukur ketinggian dan debit air yang keluar.

3.6. Pengujian Web Server

- Tampilan pada pengujian pertama



Gambar 7. Tampilan Web Browser pada Pengujian 1

- Tampilan pada pengujian kedua



Gambar 8. Tampilan Web Browser pada Pengujian 2

- Tampilan pada pengujian ketiga



Gambar 9. Tampilan Web Browser pada Pengujian 3

- Tampilan pada pengujian keempat



Gambar 10. Tampilan Web Browser pada Pengujian 4

- Tampilan pada pengujian kelima



Gambar 11. Tampilan Web Browser pada Pengujian 5

Hasil yang di dapat dari pengujian ini adalah dapat menampilkan hasil monitoring dalam suatu halaman web menggunakan web *Browser* dengan baik.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa kinerja sistem yang dirancang, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Tampilan pada *Alphanumeric LCD 16x2* yang digunakan sebagai monitor untuk keluaran nilai sistem dapat bekerja dengan baik.
2. Pembacaan data yang diperoleh dari sensor ultrasonik HC – SR04 dibandingkan dengan mistar memiliki nilai *error* sebesar $\pm 0,1$ cm.
3. Pengujian *Fuzzy Logic* pada perhitungan manual dengan perhitungan program menghasilkan *output* keluaran yang akurat.
4. Pembukaan pintu air oleh motor DC dengan nilai *output* dari *fuzzy logic* pada pengujian ke – 1 menghasilkan nilai tinggi pintu air dengan rata – rata 0,936 cm, pada pengujian ke – 2 menghasilkan nilai tinggi pintu air dengan rata – rata 1,716 cm, pada pengujian ke – 3 menghasilkan nilai tinggi pintu air dengan rata – rata 3,02 cm.
5. Sensor Ultrasonik dapat mengukur ketinggian dan debit air pada sistem dan juga dapat membuka dan menutup pintu secara otomatis dengan baik.
6. Monitoring keadaan bendungan dengan menggunakan *web server* dapat ditampilkan dengan baik.

Daftar Pustaka :

- [1] "Arduino Mega 2560," Arduinocc, [Online]. Tersedia: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>. [Diakses 29 September 2016].
- [2] "Arduino Ethernet Shield," Arduinocc, [Online]. Tersedia: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield>. [Diakses 29 September 2016].
- [3] "Sensor Ultrasonik," Komponen Elektronika, [Online]. Tersedia: <http://komponenelektronika.biz/sensor-ultrasonik.html>. [Diakses 29 September 2016].
- [4] "Pengertian dan kelebihan mikrokontroler," Elektronika Dasar, 30 Juni 2012. [Online]. Tersedia: <http://elektronika-dasar.web.id/pengertian-dan-kelebihan-mikrokontroler/>. [Diakses 29 September 2016].
- [5] "L293x Quadruple Half-H Drivers," Texas Instrument, [Online]. Tersedia: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/l293.pdf>. [Diakses 29 September 2016].
- [6] "Hello World!," Arduinocc, [Online]. Available: <http://arduino.cc/en/Tutorial/LiquidCrystal>. [Accessed 29 September 2016].
- [7] "GM250028 DC Gear Motor, 12V, 1:28, 300rpm," Digiware store, [Online]. Tersedia: <http://digiwarestore.com/id/dc-brushed/gm250028-dc-gear-motor-12v-1-28-300rpm-713133.html>. [Diakses 29 September 2016].
- [8] Imran, M . et.al. Rasheed, H. Tayyaba, S. "Fuzzy Logic Based Flow Controller of Dam Gates". Hydrology Days, 2013.
- [9] "Driver Motor DC L293D," Elektronika Dasar, 25 Juni 2012. [Online]. Tersedia: <http://elektronika-dasar.web.id/driver-motor-dc-l293d/>. [Diakses 29 September 2016].
- [10] "Debit (hidrologi)," Wikipedia, 28 Mei 2014. [Online]. Tersedia: [https://id.wikipedia.org/wiki/Debit_\(hidrologi\)](https://id.wikipedia.org/wiki/Debit_(hidrologi)). [Diakses 29 September 2016].
- [11] "Bendungan," Wikipedia, 24 Maret 2014. [Online]. Tersedia: <https://id.wikipedia.org/wiki/Bendungan>. [Diakses 2016 September 29].
- [12] E. Yazid, "Penerapan Kendali Cerdas Pada Sistem Tangki Air Menggunakan Logika Fuzzy," *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia*, vol. 11 – 23, p. 9 (2), 2009.

- [13] Santos, S.H .et.al, "Application of the Fuzzy Theory in a Reservoir operation model, to Study the Behavior of the Regularized Flow". Journal of Engineering Research and Technology, vol.1, no.3, 2014.
- [14] F. N. Fadjri, "Prinsip Kerja Rangkaian Ultrasonik," [Online]. Tersedia: <http://loveisstupidthing.blogspot.co.id/2011/11/prinsip-kerja-rangkaian-sensor.html>. [Diakses 29 September 2016].
- [15] N. G. Fadhlán, "Pulse Width Modulation (PWM)," 7 November 2012. [Online]. Tersedia: <http://robotic-electric.blogspot.co.id/2012/11/pulse-width-modulation-pwm.html>. [Diakses 29 September 2016].
- [16] "WebServer," Arduinocc, [Online]. Tersedia: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/WebServer>. [Diakses 29 September 2016].
- [17] "Ultrasonic Ranging Module HC – SR04," services@elecfreaks.com, [Online]. Tersedia: <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>. [Diakses 2016 September 29].

