

Implementasi Algoritma Fuzzy Logic pada Simulasi Sistem Pemantau Ketinggian Level Air Bendungan

Nunu Nugraha¹⁾, Dadang Hamdani²⁾, Adi Pradipta³⁾

^{1,2,3}Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Kuningan

Email : nunu.nugraha@uniku.ac.id¹⁾, dadang.hamdani@uniku.ac.id²⁾, adipradipta.me@gmail.com³⁾

Abstrak

Peningkatan ketinggian lever air bendungan pada saat curah hujan tinggi dapat menyebabkan kondisi level air melebihi batas normal dan akan berdampak pada meluapnya air. Ketika kondisi geologis disekitar bendungan tidak mampu menahan tekanan akibat kenaikan level permukaan air, maka dapat berakibat pada jebolnya bendungan. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem pemantau ketinggian level air bendungan berbasis mikrokontroler dan aplikasi android. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu algoritma fuzzy logic. Algoritma fuzzy logic berfungsi untuk menentukan kategori status level air bendungan (rendah, normal, tinggi) yang akan ditampilkan secara real time pada perangkat smartphone android berdasarkan hasil pembacaan sensor yang terpasang pada perangkat sistem. Perangkat pengukuran level air menggunakan sensor ultrasonik yang digabungkan dengan mikrokontroler arduino sebagai pusat pengendali, komunikasi data antar perangkat sistem menggunakan jaringan wifi. Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian sistem pada simulasi pemantau ketinggian level air, sistem dapat berjalan dengan baik sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Aplikasi pada perangkat smartphone dapat terhubung dengan baik dengan perangkat simulasi melalui modul esp8266 yang telah terintegrasi dengan perangkat sistem. Proses pengujian dilakukan pada jaringan wifi, aplikasi android dapat menampilkan level ketinggian air hasil berdasarkan pembacaan sensor serta menampilkan kategori level secara real time.

Kata Kunci : Fuzzy Logic; Mikrokontroler; Android, Sensor; Water Level.

Abstract

Increasing the level of the dam's water level during high rainfall conditions can cause the water level to exceed normal limits and will have an impact on water overflow. When the geological conditions around the dam are unable to withstand the pressure due to the increase in the water level, it can result in the dam breaking. This study aims to build a microcontroller-based dam water level monitoring system and an android application. The method used in this study is the fuzzy logic algorithm. The fuzzy logic algorithm functions to determine the category of dam water level status (low, normal, high) which will be displayed in real-time on an Android smartphone device based on the readings of sensors installed on the system device. The water level measurement device uses an ultrasonic sensor combined with an Arduino microcontroller as a control center, data communication between system devices using a wifi network. Based on the results of the design and testing of the system on the water level monitoring simulation, the system can run properly following predetermined specifications. Applications on smartphone devices can be well connected with simulation devices through the esp8266 module which has been integrated with the system device. The testing process is carried out on a wifi network, the android application can display the water level results based on sensor readings and display the level category in real-time.

Keywords: Fuzzy Logic; Microcontroller; Android, Sensor; Water Level

1. PENDAHULUAN

Sumber daya air yang tersedia pada bendungan merupakan salah satu sumber utama yang dapat dimanfaatkan untuk aktifitas industri, peternakan, irigasi, dll. Adanya kebutuhan yang sangat penting untuk memastikan bagaimana keamanan ketinggian air pada bendungan terhadap ancaman alam atau antropogenik dan mengembangkan sistem pemantauan ketinggian air yang efektif menggunakan IoT [1].

Pada penelitian [2] dibuat sistem pemantau level air di landasan pacu dan sungai untuk mengurangi tingkat risiko yang ditimbulkan, memberikan peringatan darurat kepada pihak berwenang melalui panggilan telepon dan pesan SMS. Pengendali logika fuzzy dirancang menggunakan aturan mamdani untuk menghidupkan /mematikan motor irigasi berdasarkan tingkat kelembaban tanah dan ketinggian air sumur diimplementasikan pada sistem irigasi agar lebih efektif dan efisien [3]. Kontrol logika fuzzy telah berhasil digunakan dalam berbagai aplikasi industri, umumnya digunakan dalam sistem kontrol yang kompleks [4]. Pada penelitian [5] pengembangan prototipe sistem informasi pemantauan banjir berbasis Internet-of-Things (IoT) berfungsi untuk membantu pengguna dalam mengakses ketinggian air melalui kondisi ketinggian air dan cuaca hujan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor hujan. Penelitian [6] menerapkan logika fuzzy dan Simple Additive Weighting pada simulasi pengendali pintu air sungai, Logika Fuzzy digunakan untuk menentukan besaran pembukaan pintu air yang didasarkan pada data ketinggian permukaan air yang didapatkan dari hasil akuisisi sensor ketinggian air, dan data curah hujan, yang didapatkan dari hasil akuisisi sensor rain module. Terjadinya peningkatan ketinggian air pada sebuah bendungan dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Dalam kondisi hujan dengan intensitas yang tinggi, maka jumlah air masuk dapat mempengaruhi ketinggian air dapat melampaui batas normal. Kondisi ini berdampak pada meluapnya air bendungan, dan bahkan dapat menyebabkan jebolnya bendungan akibat kondisi geologis disekitar tidak dapat menahan tekanan air.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan ketinggian level air bendungan berbasis sensor ultrasonik dan aplikasi android. Pemanfaatan aplikasi android yang dibuat dapat digunakan oleh pengguna, misalnya sebagai operator pemantau bendungan untuk mencatat dan membuat laporan (logbook) data level air. Data hasil pembacaan sensor dikirimkan ke

komputer server melalui modul wifi. Keluaran dari analisis data yaitu berupa informasi status level ketinggian level air yaitu kondisi rendah, normal, dan tinggi yang ditampilkan pada aplikasi berbasis smartphone android.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian berisi penjelasan tentang tahapan penelitian yang menggambarkan urutan logis untuk mendapatkan hasil penelitian sesuai dengan harapan dan gambaran sistem. Jika ada gambar dan tabel, itu harus disajikan dengan nama tabel dan gambar yang disertai dengan nomor urut.

A. Diagram Blok Sistem

Gambar 1 merupakan diagram blok sistem yang dikembangkan pada simulasi pemantauan ketinggian air berbasis mikrokontroler dan aplikasi android. Perangkat terdiri dari sensor, mikrokontroler, komputer server, smartphone android dan jaringan wifi. Perangkat sensor HC-SR04 berfungsi untuk mendeteksi level air. Data hasil pembacaan sensor akan diolah oleh mikrokontroler. Mikrokontroler berfungsi sebagai pusat pengendali serta mengolah data serta memastikan koneksi jaringan antara perangkat sensor, server, serta perangkat smartphone.

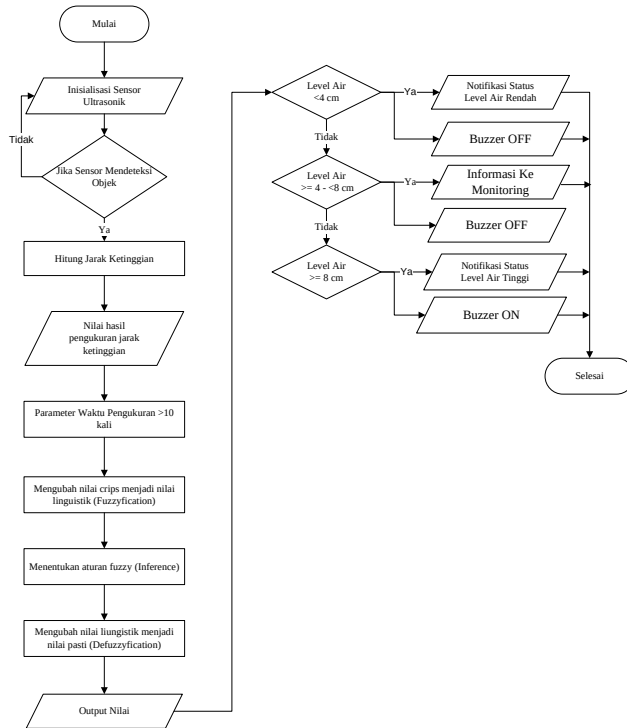


Gambar 1. Kerangka Kerja Sistem Pemantau Level Air

B. Flowchart Sistem

Gambar 2 menunjukkan *flowchart* sistem yang dirancang untuk pemantauan level air dan notifikasi status level air melalui aplikasi android. Sistem pemantauan level air berbasis aplikasi android

dimulai dengan menyalakan semua perangkat dan sensor. Sensor akan melakukan pembacaan atau pengukuran level air, data kemudian akan diteruskan ke mikrokontroler dan disimpan pada komputer server. Data hasil pengukuran akan dilakukan proses fuzzy untuk menentukan status level air. Hasil perhitungan dari proses fuzzy akan ditampilkan pada aplikasi android.



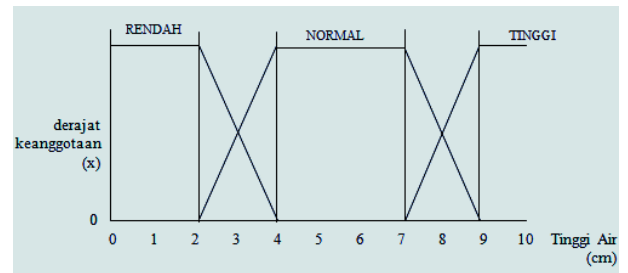
Gambar 2. Flowchart Sistem

Dalam penelitian ini diterapkan metode logika fuzzy untuk menentukan kategori level ketinggian air yaitu rendah, normal, dan tinggi. Tahap metode logika fuzzy diawali dari proses pengambilan nilai hasil pengukuran jarak dari sensor ultrasonik yang menghasilkan nilai jarak sehingga menjadi input dari proses logika fuzzy. Fungsi dari perangkat sensor tersebut sebagai pengukur jarak terhadap objek yang terdeteksi. Tahapan pemrosesan data menggunakan logika fuzzy yaitu *fuzzification*, *inference* dan *defuzzification*.

- Fuzzification

Langkah awal dari proses *fuzzification* adalah mengkonversi nilai nyata dari perangkat sensor menjadi bentuk nilai linguistik atau fuzzy input. Rancangan fungsi keanggotaan nilai yang dihasilkan oleh sensor ultrasonik SR-HC04 merupakan data yang berbentuk nilai *crisp* atau nilai nyata (*analog value*) dari sensor jarak (ultrasonik) yang diubah menjadi fuzzy input. Terdapat tiga himpunan fuzzy, dengan tiga fungsi keanggotaan yaitu rendah,

normal, dan tinggi sesuai yang ditunjukkan pada Gambar 3.



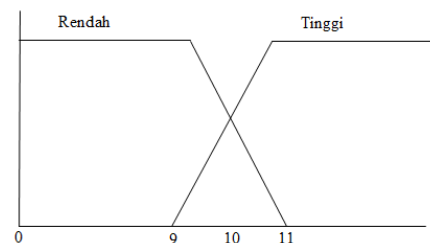
Gambar 3. Fungsi Keanggotaan Sensor Jarak Ultrasonik

Fungsi keanggotaan jarak sensor ultrasonik terhadap permukaan air yang akan digunakan pada simulasi sistem ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Variabel Fungsi Jarak / Level Air

Nilai Linguistik	Numerik
Tinggi	$> 7 \text{ cm}$
Normal	$4 \leq \text{jarak} \leq 8 \text{ cm}$
Rendah	$< 4 \text{ cm}$

Variabel berikutnya yang digunakan yaitu sebagai fungsi keanggotaan waktu lamanya pengukuran, terdiri dengan dua kondisi yaitu lambat, sedang, dan cepat yang tunjukan pada gambar 2.



Gambar 2. Fungsi keanggotaan counter hasil pengukuran

Berikut keterangan dari diagram fungsi keanggotaan counter pengukuran ketinggian yang ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Fungsi Keanggotaan Counter Hasil Pengukuran

Nilai Counter (Jumlah Pengukuran)	Nilai Linguistik (Fuzzy Output)
$0 \geq x < 11$	Rendah
$x \geq 9$	Tinggi

- Tahap Inference

Berdasarkan proses *fuzzyfication* data pembacaan sensor, langkah berikutnya dibuat aturan dari nilai-nilai yang terbaca dari sensor tersebut. Dimana aturan disini merupakan fungsi untuk memantau menampilkan status level air bendungan melalui aplikasi android. Adapun aturan-aturannya ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Basis Aturan Dalam Sistem Inferensi Fuzzy

	Counter $1 \leq x < 10$	Counter ≥ 10
R	Monitoring	NotifikasiSR
N	Monitoring	Monitoring
T	Monitoring	NotifikasiST

Keterangan :

Counter = Jumlah pengukuran

KA = Ketinggian Air

NotifikasiSR = Notifikasi Satus Rendah

NotifikasiST = Notifikasi Status Tinggi

R = Rendah

N = Normal

T = Tinggi

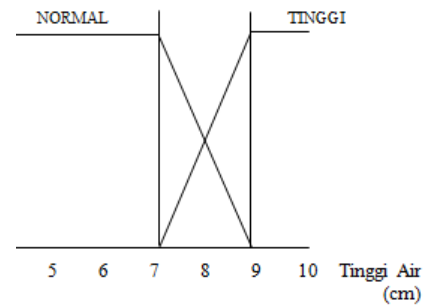
Dari uraian aturan *fuzzy/rule inference* yang berasal dari 3 kategori level air dan parameter waktu menghasilkan 6 aturan yaitu sebagai berikut:

- IF KA is R AND Counter Pengukuran $1 \leq x < 10$ kali THEN Monitoring
- IF KA is R AND Counter Pengukuran ≥ 10 kali THEN NotifikasiSR
- IF KA is N AND Counter Pengukuran $1 \leq x < 10$ kali THEN Monitoring
- IF KA is N AND Counter Pengukuran ≥ 10 kali THEN Monitoring
- IF KA is T AND Counter Pengukuran $1 \leq x < 10$ kali THEN Monitoring
- IF KA is T AND Counter Pengukuran ≥ 10 kali THEN NotifikasiST

- Tahap Defuzzification

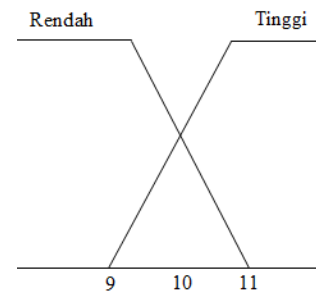
Tahap *defuzzification* pada sistem pemantaun ketinggian air ini menggunakan metode fuzzy logic model sugeno, langkah pertama menentukan *inference fuzzy sugeno* yang sering dikenal dengan nama metode *Max – Min*.

- Ketinggian



Gambar 3. Diagram pengujian ketinggian air

- Counter



Gambar 4. Diagram pengujian counter

Proses perhitungan dan pengujian:

- Hasil Pengukuran ketinggian air = 9cm

$$\mu_{\text{normal}} [9] = \frac{9-9}{9-7} = \frac{0}{2} = 0$$

$$\mu_{\text{tinggi}} [7] = \frac{9-7}{9-7} = \frac{2}{2} = 1$$
- Counter (jumlah pengukuran)=11x

$$\mu_{\text{rendah}} [9] = \frac{11-11}{11-9} = \frac{0}{2} = 0$$

$$\mu_{\text{tinggi}} [11] = \frac{11-9}{11-9} = \frac{2}{2} = 1$$

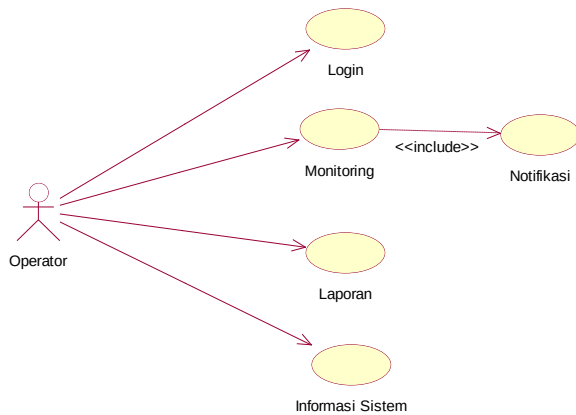
Diambil kesimpulan untuk *output* pengukuran ketinggian air menghasilkan nilai kriteria $[0,1]$, maka sesuai hasil pengujian sistem ketika ketinggian air ≥ 8 termasuk pada kategori Tinggi dan counter pengukuran ≥ 10 kali maka akan memperoleh/ menampilkan *output* notifikasi pada aplikasi.

C. Desain Pengembangan Aplikasi

Perancangan aplikasi perangkat android untuk sistem pengukuran level ketinggian air pada penelitian ini menggunakan metode RUP (*Rational Unified Process*), yaitu pendekatan pengembangan perangkat lunak yang dilakukan berulang-ulang (*iterative*), fokus pada arsitektur (*architecture-centric*), lebih diarahkan berdasarkan penggunaan kasus (*use case driven*) [7]. Fase RUP meliputi fase *inception*, *elaboration*, *construction*, dan diakhiri dengan fase *transition*.

- *Use Case Diagram*

Pada sistem yang dikembangkan memiliki satu aktor yaitu sebagai pengelola yang merupakan pengguna yang sudah terdaftar didalam sistem yang memiliki hak akses secara penuh untuk mengelola data monitoring dan laporan ketinggian air. *Use Case Diagram* yang diusulkan untuk aplikasi pemantau ketinggian air bendungan ditunjukan pada gambar 5.

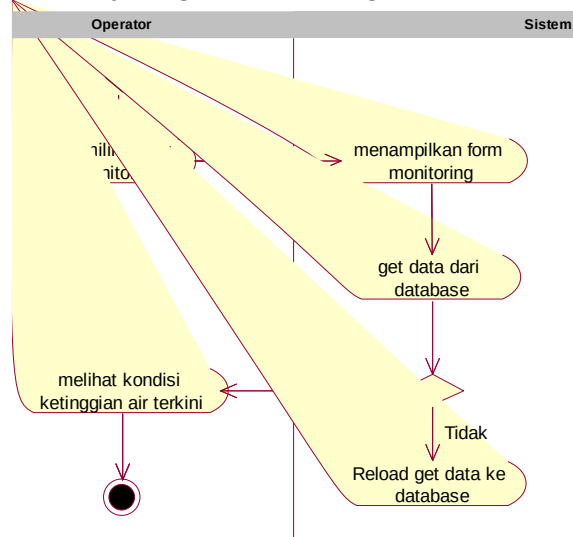


Gambar 5. Use Case Diagram

- *Activity Diagram*

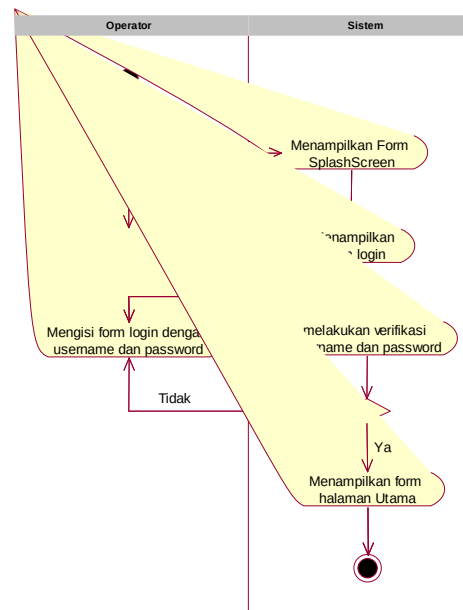
Activity diagram menggambarkan berbagai alir aktivitas dalam sistem yang sedang dirancang, bagaimana masing-masing alir berawal, *decision* yang mungkin terjadi, dan bagaimana mereka berakhir. Gambar 6 dan 7 menyatakan diagram aktivitas dari sistem pemantau ketinggian air:

- *Activity Diagram Monitoring*



Gambar 6. Activity diagram monitoring

- *Activity Diagram Laporan*

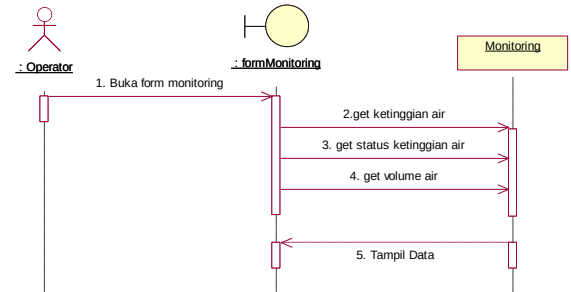


Gambar 7. Activity diagram laporan

- *Sequence Diagram*

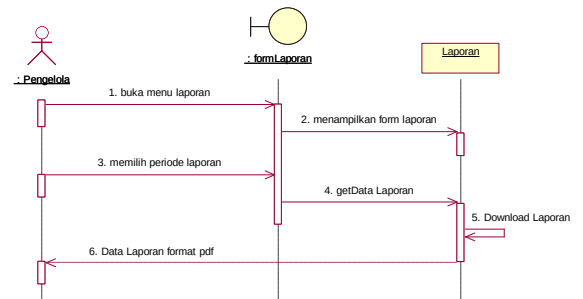
Gambar 8-10 merupakan sequence diagram yang menggambarkan interaksi antar objek dalam sistem:

- *Sequence Diagram Monitoring*



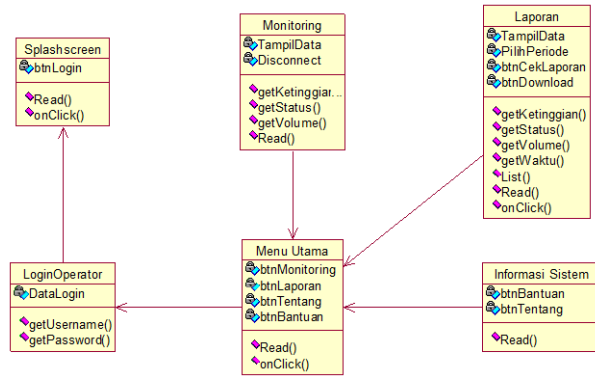
Gambar 8. Sequence Diagram Monitoring

- *Sequence Diagram Cetak Laporan*



Gambar 9. Sequence diagram laporan

- **Class Diagram**



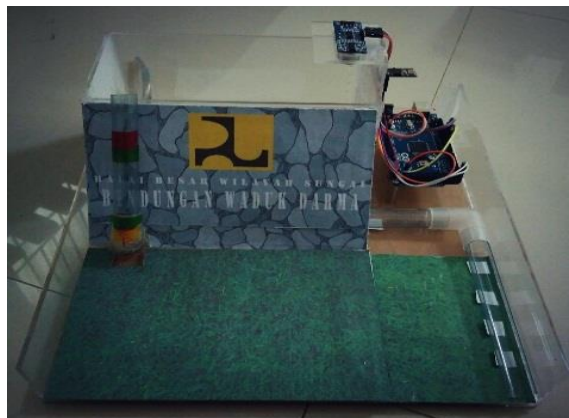
Gambar 10. Class diagram sistem

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan diuraikan hasil dari pengujian sistem pengukuran ketinggian level air menggunakan mikrokontroler dan sensor ultrasonik melalui aplikasi android sebagai antar muka antara sistem dengan pengguna. Secara garis besar pengujian dibagi menjadi 2 bagian yaitu uji perangkat pengukuran pada maket/simulasi dan pengujian dengan menggabungkan aplikasi pada perangkat *smartphone* android.

A. Pengujian pada maket / simulasi

Telah dibuat perangkat simulasi untuk menguji sistem pengukuran level air berbasis sensor ultrasonik HC-SR04 seperti yang ditunjukkan pada gambar 11. Media komunikasi data menggunakan jaringan wifi antara perangkat simulasi dengan komputer server serta *smartphone* android.



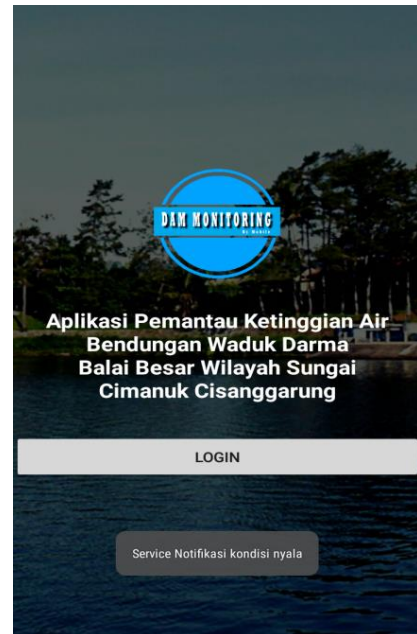
Gambar 11. Tampilan maket untuk simulasi pengujian sistem pengukuran ketinggian air

B. Implementasi Aplikasi Pemantauan Level Air Berbasis Android

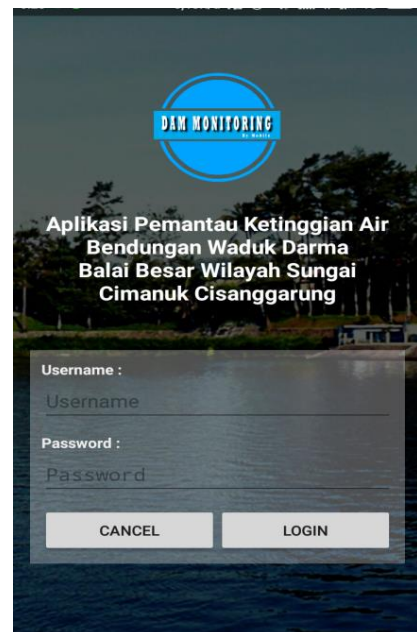
Pada tahap ini pengujian sistem berdasarkan pada objek yang akan diuji berupa hasil pengembangan aplikasi pemantauan level air berbasis android.

Sesuai dengan rancangan, *smartphone* akan terhubung pada jaringan wifi.

1) *Tampilan SplashScreen dan Login*: halaman awal ketika pengguna menjalankan aplikasi yang ditunjukkan pada gambar 12. Untuk menggunakan aplikasi ini pengguna harus login terlebih dahulu dengan menekan tombol login dan mengisi *username* dan *password* yang telah ditentukan, form login ditunjukkan pada gambar 13.



Gambar 12. Tampilan awal aplikasi (*splash screen*)

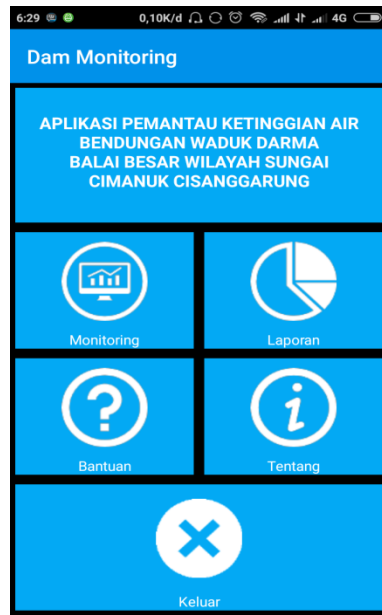


Gambar 13. Tampilan halaman login

Setelah pengguna telah mengisi *username* dan *password*, dan berhasil login maka pengguna akan

menuju ke halaman menu utama yang ditunjukkan pada gambar 13.

2) *Form Menu Utama*: pada menu utama terdapat beberapa sub menu diantaranya, Monitoring, Laporan, Bantuan, informasi bantuan dalam aplikasi, Tentang: informasi pengembangan aplikasi.



Gambar 14. Halaman menu utama

3) *Halaman Monitoring*: halaman ini menampilkan informasi status ketinggian air serta volume air pada simulasi bak penampung berdasarkan hasil pengukuran dan pembacaan sensor.



Gambar 15. Halaman monitoring

Gambar 14 menunjukkan hasil pengukuran sensor yang ditampilkan pada aplikasi perangkat android. Hasil pembacaan sensor yang ditampilkan pada aplikasi berdasarkan pada sebuah maket simulasi yang telah dirancang sebelumnya.

4) *Halaman Laporan*: halaman ini adalah menu yang dapat digunakan oleh pengguna (operator/petugas lapangan) untuk membuat laporan (*logbook*) seperti yang ditunjukkan Gambar 15. Laporan berisi *logbook* data hasil pengukuran ketinggian air. Laporan dapat dibuat secara periodik sesuai dengan kebutuhan pengguna. Hasil cetak laporan dalam format pdf ditunjukkan pada gambar 16.



Gambar 16. Tampilan menu laporan

No	Tanggal Pengukuran	Ketinggian	volume	Status
1	02-10-2017 09:35:31	8.00	1600.00	Tinggi
2	02-10-2017 09:35:36	8.00	1600.00	Tinggi
3	02-10-2017 09:35:39	7.00	1400.00	Normal
4	02-10-2017 09:35:56	7.00	1400.00	Normal
5	02-10-2017 09:36:00	7.00	1400.00	Normal
6	02-10-2017 09:36:04	7.00	1400.00	Normal
7	02-10-2017 09:36:08	8.00	1600.00	Tinggi
8	02-10-2017 09:36:12	8.00	1600.00	Tinggi
9	02-10-2017 09:36:16	7.00	1400.00	Normal
10	02-10-2017 09:36:20	8.00	1600.00	Tinggi
11	02-10-2017 09:36:24	7.00	1400.00	Normal
12	02-10-2017 09:36:28	7.00	1400.00	Normal
13	02-10-2017 09:36:32	8.00	1600.00	Tinggi
14	02-10-2017 09:36:37	7.00	1400.00	Normal
15	02-10-2017 09:36:40	8.00	1600.00	Tinggi
16	02-10-2017 09:36:44	8.00	1600.00	Tinggi
17	02-10-2017 09:36:48	8.00	1600.00	Tinggi
18	02-10-2017 09:36:52	8.00	1600.00	Tinggi
19	02-10-2017 09:36:56	8.00	1600.00	Tinggi
20	02-10-2017 09:37:00	8.00	1600.00	Tinggi
21	02-10-2017 09:37:04	9.00	1800.00	Tinggi
22	02-10-2017 09:37:09	9.00	1800.00	Tinggi
23	02-10-2017 09:37:13	9.00	1800.00	Tinggi
24	02-10-2017 09:37:16	9.00	1800.00	Tinggi
25	02-10-2017 09:37:20	7.00	1400.00	Normal
26	02-10-2017 09:37:25	7.00	1400.00	Normal
27	02-10-2017 09:37:29	7.00	1400.00	Normal
28	02-10-2017 09:37:32	7.00	1400.00	Normal
29	02-10-2017 09:37:37	7.00	1400.00	Normal
30	02-10-2017 09:37:41	7.00	1400.00	Normal

Gambar 17. Logbook hasil pengukuran level air

Berdasarkan hasil pengujian secara menyeluruh sistem pemantauan level ketinggian air pada simulasi dan aplikasi android, diketahui bahwa proses pengukuran level air oleh sensor ultrasonik dapat berjalan dengan baik. Komunikasi data antara sensor dengan aplikasi dapat terhubung dengan baik, sehingga data hasil pengukuran dapat terkirim ke database pada komputer server melalui jaringan wifi dan ditampilkan pada aplikasi yang sudah dipasang di perangkat *smartphone*. Status level ketinggian air yang ditampilkan pada aplikasi merupakan hasil pengolahan data yaitu dari pembacaan sensor dengan menerapkan algoritma fuzzy logic. Aplikasi yang dikembangkan pada penelitian ini merupakan pengembangan aplikasi yang digunakan secara khusus untuk pemantauan level ketinggian air dan pembuatan *logbook* level air pada sebuah bendungan. Pengguna dapat membuat laporan (*logbook*) sesuai dengan kebutuhan. Aplikasi ini dapat berjalan pada perangkat *smartphone* android dengan spesifikasi minimal Operasi Android Min Jelly Bean, CPU Minimal 1.4 GHz, dan kapasitas RAM 2 GB.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan serta pengujian sistem pemantauan level ketinggian air berbasis

aplikasi android, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Aplikasi pemantau ketinggian air dapat berfungsi dengan baik pada perangkat android, semua fitur untuk monitoring dapat berjalan dengan baik.
2. Aplikasi pada perangkat android dapat terhubung ke sistem pemantau ketinggian air melalui jaringan internet
3. Algoritma *fuzzy logic* dapat menghasilkan suatu keputusan berupa kategori level air berdasarkan data input dari hasil pembacaan sensor.

5. SARAN

Penelitian selanjutnya diharapkan dapat dilakukan uji coba pada objek yang sebenarnya untuk mengetahui kinerja aplikasi pada *smartphone*, perangkat sensor, serta kinerja komunikasi data jaringan antar perangkat yang terhubung

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada program studi yang telah memberikan dukungan sehingga penelitian dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Siddula, S. S., Babu, P., & Jain, P. C. (2018). Water Level Monitoring and Management of Dams using IoT. In Proceedings - 2018 3rd International Conference On Internet of Things: Smart Innovation and Usages, IoT-SIU 2018. <https://doi.org/10.1109/IoT-SIU.2018.8519843>
- [2] A. Silva Souza, A. de Lima Curvello, F. de Souza and H. da Silva, A flood warning system to critical region, Procedia Computer Science, vol. 109, pp. 1104-1109, 2017
- [3] Rajaprakash, S., Jaichandran, R., Ponnusamy, R., & Nagappan, A. (2017). Fuzzy logic controller for effective irrigation based on field soil moisture and availability of water. Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems, 9(1), 90–97
- [4] CHABNI, F., TALEB, R., BENBOUALI, A., & Amin, M. (2016). The Application of Fuzzy Control in Water Tank Level Using Arduino. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 7(4). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2016.070432>
- [5] Satria, D., Yana, S., Munadi, R., & Syahreza, S. (2018). Design of Information Monitoring System Flood Based Internet of Things (IoT) (pp. 337–342). <https://doi.org/10.1108/978-1-78756-793-1-00072>
- [6] Prasetya, A. E., Hanafi, M. H., & Prasetyo, B. H. (2018). Rancang Bangun Pengendali Pintu Air Sungai Dengan Menggunakan Logika Fuzzy dan Simple Additive Weighting. Jurnal Pengembangan

- Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, 2414-2422.
- [7] A.S., Rosa dan Shalahuddin, M. 2015. *Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur dan Berorientasi Objek*. Bandung: Informatika Bandung.
 - [8] Dynes Rizky Navianti, I Gusti Ngurah Ray, F. A. W. (2012). Penerapan Fuzzy Inference System Pada Prediksi Curah Hujan di Surabaya Utara. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 1(1).
 - [9] Fadhillah Azmi, Insidini Fawwaz, Muhathir, N. P. D. (2019). Rancang Bangun Water Level Detection Dengan Sensor Ultrasonik Berbasis Fuzzy Logic Design. *JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering) Available*, 3(1), 62–68.
 - [10] Arifin, S., Muslim, M. A., & Sugiman, S. (2016). Implementasi Logika Fuzzy Mamdani untuk Mendeteksi Kerentanan Daerah Banjir di Semarang Utara. *Scientific Journal of Informatics*, 2(2), 179. <https://doi.org/10.15294/sji.v2i2.5086>
 - [11] Agustina, P., & Agung Nugroho J., S.T., M.T., Unang Sunarya, S.T., M. T. (2015). Design and Implementation Flood Detection Using Water Level Measurement with Fuzzy Logic. *PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI PERANGKAT PENDETEKSI BANJIR DENGAN SENSOR PENGUKUR MUKA LEVEL AIR MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY Design*, 2(2), halaman 1.
 - [12] Sa'dan, A., Haryanto, H., Astuti, S., & Rahayu, Y. (2019). Agen Cerdas Berbasis Fuzzy Tsukamoto pada Sistem Prediksi Banjir. *Eksplora Informatika*, 8(2), 104–111. <https://doi.org/10.30864/eksplora.v8i2.154>