



**Perancangan Sistem Monitoring dengan Prediksi Banjir
Berdasarkan Debit dan Tinggi Air Menggunakan ESP8266 dan
Perhitungan Logika *Fuzzy***

TUGAS AKHIR

Alvijar Akbar Pahlevi

14116148

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA

JURUSAN TEKNOLOGI PRODUKSI DAN INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI SUMATERA

LAMPUNG SELATAN

2021



**Perancangan Sistem Monitoring dengan Prediksi Banjir
Berdasarkan Debit dan Tinggi Air Menggunakan ESP8266 dan
Perhitungan Logika *Fuzzy***

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

Alvijar Akbar Pahlevi

14116148

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNOLOGI PRODUKSI DAN INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SUMATERA
LAMPUNG SELATAN

2021

LEMBAR PENGESAHAN

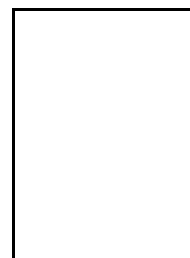
Tugas Akhir dengan judul “Perancangan Sistem Monitoring dengan Prediksi Banjir Berdasarkan Debit dan Tinggi Air Menggunakan ESP8266 dan Perhitungan Logika *Fuzzy*” adalah benar dibuat oleh saya sendiri dan belum pernah dibuat dan diserahkan sebelumnya, baik sebagian ataupun seluruhnya, baik oleh saya ataupun orang lain, baik di Institut Teknologi Sumatera maupun di institusi pendidikan lainnya.

Lampung Selatan, 28 Mei 2021

Penulis,

Alvijar Akbar Pahlevi

NIM. 14116148



Diperiksa dan disetujui oleh,

Pembimbing

Tanda Tangan

1. Martin C. T. Manullang, S.T., M.T.

NIP. 19930109 201903 1 017

.....

2. Ilham Firman Ashari, S.Kom., M.T.

NIP. 19930314 201903 1 018

.....

Disahkan oleh,

Koordinator Program Studi Teknik Informatika

Jurusan Teknologi Produksi dan Industri

Sub Jurusan Teknik Elektro, Informatika dan Sistem Fisis

Institut Teknologi Sumatera

Ir. Hira Laksmiwati Soemitro, M.Sc.


NIP 19520109 198503 2 001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun rujukan telah saya nyatakan benar.

Nama : Alvijar Akbar Pahlevi

NIM : 14116148

Tanda Tangan : 

Tanggal : 28 Mei 2021

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Institut Teknologi Sumatera, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Alvijar Akbar Pahlevi

NIM : 14116148

Program Studi : Teknik Informatika

Jurusan : Jurusan Teknologi Produksi dan Industri

Jenis Karya : Tugas Akhir

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Institut Teknologi Sumatera **Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Perancangan Sistem Monitoring dengan Prediksi Banjir Berdasarkan Debit
dan Tinggi Air Menggunakan ESP8266 dan Perhitungan Logika Fuzzy**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Institut Teknologi Sumatera berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Lampung Selatan

Pada tanggal: 28 Mei 2021



Yang menyatakan (Alvijar Akbar Pahlevi)

Perancangan Sistem Monitoring dengan Prediksi Banjir Berdasarkan Debit dan Tinggi Air Menggunakan ESP8266 dan Perhitungan Logika *Fuzzy*

Alvijar Akbar Pahlevi (14116148)

Pembimbing 1: Martin C. T. Manullang, S.T., M.T.

Pembimbing 2: Ilham Firman Ashari, S.Kom., M.T.

ABSTRAK

Banjir merupakan fenomena yang sering terjadi di Indonesia. Dampak banjir berupa kerusakan sarana pra sarana, kerugian material, dan korban jiwa. Untuk mengantisipasi hal tersebut, dibutuhkan sistem prediksi banjir yang dapat memberikan peringatan dini sebelum terjadinya banjir dengan monitoring kondisi ketinggian air, debit air, dan prediksi kenaikan air dari jarak jauh secara langsung (*realtime*) menggunakan *Chatbot* Telegram pada level ketinggian air pada sungai yang dimodelkan. Sistem ini dikembangkan menggunakan sensor Ultrasonik yang berfungsi membaca ketinggian air dan sensor *Water Flow* berfungsi membaca debit air yang masuk pada wadah uji. Sensor Ultrasonik membaca ketinggian air dengan selang ketinggian 0 – 50 cm dengan rata-rata nilai kesalahan baca ± 1.32 cm atau 7.64% dan keakuratan alat sebesar 92.36%. Sensor *Water Flow* membaca debit air dengan batasan selang debit 0 – 10 liter/menit dengan rata-rata kesalahan baca 0.18 Liter/menit atau 12.92% dan persentase keakuratan alat sebesar 87.08%. Pengiriman hasil data baca sensor Ultrasonik dan sensor *Water Flow* dilakukan oleh mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang menggunakan modul *Wi-Fi* menuju Firebase Database dan *Chatbot* Telegram. Hasil baca data keluaran dari sensor ketinggian air dan debit air diolah menggunakan metode logika *fuzzy* Sugeno untuk mendapatkan keluaran informasi air. Semua data pada server ditampilkan pada Client Layer, *Chatbot* Telegram dan Firebase secara langsung (*realtime*). Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja dengan

tingkat akurasi keberhasilan pada sensor Ultrasonik dengan ketinggian air sebesar 92.36% dan sensor *water flow* dengan debit air sebesar 87.08%.

Kata kunci: Sistem Prediksi Banjir, NodeMCU, ESP8266, *Chatbot* Telegram, Logika *Fuzzy* Sugeno.

Design of Monitoring Systems with Flood Prediction Based on Discharge and Water Level Using ESP8266 and Fuzzy Logic Calculations

Alvijar Akbar Pahlevi (14116148)

Advisor 1 : Martin C. T. Manullang, S.T., M.T.

Advisor 2 : Ilham Firman Ashari, S.Kom., M.T.

ABSTRACT

Flood is a phenomenon that often occurs in Indonesia. The impact of the flood is in the form of damage to infrastructure, material loss, and casualties. To anticipate this, a flood prediction system is needed that can provide early warning before the occurrence of flooding by monitoring water level conditions, water discharge, and predicting water rise from a distance directly (realtime) using a Telegram Chatbot at the water level in the modeled river. This system was developed using an Ultrasonic sensor which functions to read the water level and the Water Flow sensor functions to read the flow of water entering the test container. The ultrasonic sensor reads the water level with a height interval of 0 - 50 cm with an average reading error value of ± 1.32 cm or 7.64% and the accuracy of the tool is 92.36%. The Water Flow sensor reads the water flow with a discharge hose limit of 0 - 10 liters / minute with an average reading error of 0.18 liters / minute or 12.92% and the percentage of accuracy of the tool is 87.08%. Sending of reading data from the Ultrasonic sensor and Water Flow sensor is carried out by the ESP8266 NodeMCU microcontroller using the Wi-Fi module to the Firebase Database and the Telegram Chatbot. The results of reading the output data from the water level and water discharge sensors are processed using the Sugeno fuzzy logic method to obtain water information output. All data on the server is displayed on Client Layer, Telegram Chatbot and Firebase directly (realtime). The results obtained from this study indicate that the system can work with an accuracy rate of success on the

ultrasonic sensor with a water level of 92.36% and a water flow sensor with a water flow of 87.08%.

Keywords: Flood Prediction System, NodeMCU, ESP8266, Chatbot Telegram, Fuzzy Sugeno Logic.

MOTTO

“Nothing to lose isn’t about giving up, but accept a situation to achieve a victory.”

- Anonim

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur atas segala rahmat dan nikmat yang telah dilimpahkan Allah SWT, karya ini penulis persembahkan dengan segala ketulusan dan kerendahan hati untuk:

- Kedua orang tua, Bapak tercinta, Sudarto Harry Wibowo, Ibu tercinta, Yuliani yang sangat luar biasa mendidik dengan kasih sayang, keikhlasan, ketulusan, selalu memberikan motivasi secara moril dengan serta doa yang selalu mereka panjatkan kepada Allah SWT, sehingga dilancarkan semua urusan penulis. Terima kasih atas segala bentuk yang telah diberikan kepada penulis.
- Adik tercinta, Brilliantin Alivia Balqis, yang rela mengorbankan waktunya untuk mendukung kepentingan penulis dengan keikhlasan dan ketulusan, terima kasih atas pengorbanan yang diberikan kepada penulis.
- Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Informatika Institut Teknologi Sumatera dengan keikhlasan dan kesabaran selama memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis.
- Teman prodi Teknik Informatika, khususnya Arwin, Aan, dan Aziz yang telah membantu penulis selama penelitian berlangsung.
- Kontrakan Imam Haris, Imam Bowo, Asril, Hamzah, dan Jore yang sudah menerima penulis dengan baik selama penelitian berlangsung.
- Teman *sharing session* Ferdio yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat bagi kelangsungan penelitian penulis.
- Teman-teman yang sudah memberikan kritik dan saran terkait penelitian penulis.
- Dan almamater tercinta, terkasih, tersayang, Institut Teknologi Sumatera.

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah saya panjatkan kehadiran Alla SWT atas segala rahmat, nikmat, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir pada waktu yang tepat. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Informatika pada Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Sumatera. Penulis menyadari bahwa selama penulisan tugas akhir ini terdapat keterbatasan, kemampuan, dan pengetahuan, sehingga penulis membutuhkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Martin C.T. Manullang, S.T., M.T. dan Bapak Ilham Firman Ashari, S.Kom., M.T. selaku dosen pembimbing I dan II yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran serta memberikan motivasi selama penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Meida Cahyo Untoro, S.Kom., M.Kom. dan Bapak Mohamad Idris, S.Si., M.Sc. selaku dosen penguji I dan II selama sidang proposal dan Ibu Raidah Hanifah, S.T., M.T. dan Bapak Hafiz Budi Firmansyah, S.Kom., M.Sc. selaku dosen penguji I dan II selama sidang hasil atas masukan yang telah diberikan dalam penyempurnaan tugas akhir.
3. Seluruh dosen Program Studi Teknik Informatika Institut Teknologi Sumatera yang telah memberikan ilmu dan pengalaman yang bermanfaat.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu selama penyusunan tugas akhir. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Bandar Lampung, 28 Mei 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN.....	x
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Batasan Masalah.....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.1.1 <i>Wireless Sensor Network (WSN)</i>	6
2.1.2 <i>Internet of Things</i>	6
2.1.3 <i>Logika Fuzzy</i>	6
2.1.4 Debit Air untuk Prediksi Kenaikan Air	8
2.1.5 NodeMCU	8
2.1.6 Basis Data Non Relasional	9
2.1.7 <i>Buzzer</i>	9

2.1.8 Sensor	10
2.2 Tinjauan Studi	10
BAB III RANCANGAN PENELITIAN	18
3.1 Alur Penelitian.....	18
3.2 Rancangan Sistem	18
3.3 Rancangan Kebutuhan Aktual dengan Pemodelan	21
3.4 Rancangan Penelitian	22
3.4.1 Perancangan Topologi <i>Star</i>	23
3.4.2 Perancangan Perangkat Keras.....	23
3.4.3 Perancangan Perangkat Lunak.....	26
3.4.4 Perancangan Logika <i>Fuzzy</i>	34
3.4.5 Perancangan Basis Data Non Relasional	39
3.4.6 Perancangan Prediksi Peningkatan Ketinggian Air	39
3.5 Rancangan Pengujian	40
3.5.1 Rancangan Pengujian Perangkat Keras	40
3.5.2 Rancangan Pengujian Perangkat Lunak	41
3.5.3 Rancangan Pengujian Logika <i>Fuzzy</i> Sugeno	42
3.5.4 Rancangan Pengujian Basis Data Non Relasional.....	42
3.5.5 Rancangan Pengujian Prediksi Peningkatan Ketinggian Air	42
BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN.....	44
4.1 Implementasi	44
4.1.1 Implementasi Perangkat Keras	44
4.1.2 Implementasi Perangkat Lunak	48
4.1.3 Implementasi Logika <i>Fuzzy</i>	52
4.1.4 Implementasi Basis Data Non Relasional.....	57
4.1.5 Implementasi Prediksi Peningkatan Ketinggian Air	58
4.2 Pengujian.....	59
4.2.1 Pengujian Perangkat Keras	59
4.2.2 Pengujian Perangkat Lunak	76
4.2.3 Pengujian Logika <i>Fuzzy</i> Sugeno.....	78
4.2.4 Pengujian Basis Data Non Relasional dengan Prediksi Kenaikan Air ..	81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	84

5.1 Kesimpulan.....	84
5.2 Saran.....	84
Referensi.....	86
Lampiran 1 : Dokumentasi.....	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Alur Penelitian	18
Gambar 3.2 Diagram Skematik.....	19
Gambar 3.3 Topologi <i>Star</i>	23
Gambar 3.4 Desain Perangkat Keras Pemantauan Tampak Dalam	25
Gambar 3.5 Desain Perangkat Keras Pemantauan Tampak Luar	26
Gambar 3.6 <i>Activity Diagram Monitoring Chatbot Telegram</i>	28
Gambar 3.7 <i>Activity Diagram Monitoring Chatbot Telegram</i>	29
Gambar 3.8 <i>Activity Diagram Monitoring Chatbot Telegram</i>	30
Gambar 3.9 <i>Activity Diagram Monitoring Chatbot Telegram</i>	31
Gambar 3.10 <i>Activity Diagram Monitoring Chatbot Telegram</i>	32
Gambar 3.11 <i>Activity Diagram Kerja Sistem Keseluruhan</i>	33
Gambar 3.12 Keanggotaan Nilai <i>Fuzzy</i> Ketinggian Air	35
Gambar 3.13 Keanggotaan Nilai <i>Fuzzy</i> Debit Air	35
Gambar 3.14 Aturan Nilai <i>Fuzzy</i>	38
Gambar 3.15 Struktur Basis Data Non Relasional.....	39
Gambar 4.1 Rancangan Alat Prediksi Banjir	45
Gambar 4.2.1 Perangkat Keras Tempat Alat Prediksi Banjir	46
Gambar 4.2.2 Perangkat Keras Wadah Uji	47
Gambar 4.3.1 Mencari BotFather.....	48
Gambar 4.3.2 Memulai BotFather	49
Gambar 4.3.3 Menu BotFather.....	50
Gambar 4.3.4 Membuat <i>Chatbot Telegram</i> Baru.....	51
Gambar 4.3.5 Deskripsi <i>Chatbot Sistem Prediksi Banjir</i>	51
Gambar 4.3.6 Memulai <i>Chatbot Sistem Prediksi Banjir</i>	52
Gambar 4.4 Derajat Keanggotaan Trapesium	54
Gambar 4.5 Masukan Ketinggian Air	54
Gambar 4.6 Masukan Debit Air	55
Gambar 4.7 Keluaran Informasi Air	56
Gambar 4.8.1 Rules Logika <i>Fuzzy</i>	56
Gambar 4.8.2 Rules Logika <i>Fuzzy</i> (lanjutan).....	57

Gambar 4.9 Token Autentikasi <i>Database</i>	58
Gambar 4.10 Struktur <i>Realtime Database</i>	58
Gambar 4.11 Penerapan Prediksi Banjir	59
Gambar 4.12 Tampilan Serial Monitor	75
Gambar 4.13 Tampilan LCD Monitor	75
Gambar 4.14 Informasi Banjir <i>Chatbot</i> Telegram	77
Gambar 4.15.1 <i>Rules</i> Derajat Keanggotaan <i>Fuzzy Input</i> Pertama	78
Gambar 4.15.2 <i>Rules</i> Derajat Keanggotaan <i>Fuzzy Input</i> Kedua	78
Gambar 4.15.3 <i>Rules</i> Derajat Keanggotaan <i>Fuzzy Input</i> Ketiga	79
Gambar 4.16 Data pada Firebase	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.2 Komparasi Penelitian	13
Tabel 3.1 Komparasi Kebutuhan Aktual dengan Pemodelan	21
Tabel 3.2 Kebutuhan Perangkat Keras.....	24
Tabel 3.3 Kebutuhan Perangkat Lunak.....	27
Tabel 3.4 Tahap Fuzzifikasi.....	34
Tabel 3.5 Aturan <i>Fuzzy</i>	38
Tabel 3.6 Pengujian Perangkat Keras	40
Tabel 3.7 Pengujian Perangkat Lunak	41
Tabel 3.8 Pengujian Logika <i>Fuzzy</i> Sugeno.....	42
Tabel 3.9 Pengujian Basis Data	42
Tabel 3.10 Prediksi Peningkatan Ketinggian Air.....	43
Tabel 4.1 Keanggotaan Variabel <i>Fuzzy</i>	52
Tabel 4.2 Pengujian Sensor Ultrasonik.....	60
Tabel 4.3 Pengujian Keakuratan Sensor Ultrasonik	61
Tabel 4.4 Pengujian Sensor <i>Water Flow</i>	64
Tabel 4.5 Pengujian Keakuratan Sensor <i>Water Flow</i>	68
Tabel 4.6 Hasil Perbandingan Pengukuran pada Alat dengan Nilai <i>Fuzzy</i> pada MathLAB	79
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Pengiriman Basis Data Non Relasional.....	82

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki wilayah yang luas dengan 34 provinsi, 516 kabupaten dan kota di masing-masing provinsi. Masing-masing wilayah memiliki sungai yang banyak. Berdasarkan data dari Kementerian Dalam Negeri Indonesia (Kemendagri), terdapat sekitar 5.590 sungai utama dan 65.017 anak sungai yang tersebar di Nusantara. Daerah Aliran Sungai (DAS) mencapai 1.512.466 kilometer persegi dari sungai utama [1].

Banjir pada sungai dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti, besarnya debit air dan intensitas curah hujan yang tinggi. Tingginya debit air yang mengalir dari lingkungan lain atau saluran pembuangan air atau semacamnya menuju sungai, menyebabkan volume air meningkat. Faktor selanjutnya, yaitu tingginya intensitas curah hujan. Lamanya curah hujan yang terjadi pada daerah sungai juga dapat memengaruhi terhadap kenaikan volume air pada sungai. Berdasarkan dari beberapa faktor tersebut, sungai berpotensi meluap dikarenakan air sungai yang melebihi batas ketinggian sungai yang mengakibatkan banjir di wilayah tersebut.

Dampak dari banjir dapat berupa kerusakan sarana pra sarana, kerugian material, hingga korban jiwa. Berdasarkan data dari portal berita *online*, Kompas.com, tercatat pada tanggal 31 Desember 2019, terjadi banjir setelah hujan turun yang merendam sejumlah daerah di tiga desa di Bima, Nusa Tenggara Barat (NTB). Selain itu, dua RT di Perumahan Sraten juga terendam banjir di Semarang. Selanjutnya, banjir juga melanda sejumlah wilayah yang ada di Jakarta hingga Bekasi. Selain itu, di Padalarang, Kabupaten Bandung Barat, hujan lebat membuat air irigasi meluap, sehingga mengakibatkan banjir bandang [2]. Pada awal tahun 2020, tercatat korban yang meninggal dunia sebanyak 19 orang, 15 orang di antaranya terdampak langsung seperti tersengat listrik dan hanyut [3].

Logika *Fuzzy* merupakan metode perhitungan yang dapat memprediksi nilai *output* atau keluaran berupa ketidakpastian, kemudian data yang didapatkan dari suatu

pengujian diolah menggunakan logika *fuzzy* untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Terdapat tiga metode logika *fuzzy*, yaitu metode Sugeno, Tsukamoto, dan Mamdani. *Fuzzy* Sugeno memiliki keluaran sistem berupa persamaan linier. Pada *Fuzzy* Tsukamoto menggunakan defuzzifikasi rata-rata terpusat dan memiliki fungsi keanggotaan yang monoton [4]. Pada *Fuzzy* Mamdani, fungsi MIN sebagai mesin inferensinya berfungsi untuk melakukan evaluasi aturan dan fungsi MAX berfungsi membuat komposisi antar *rule* untuk menghasilkan himpunan fuzzy baru [5]. Oleh karena itu, Metode Sugeno lebih cocok diterapkan pada penelitian ini karena hasil keluaran dibutuhkan pada penelitian berupa konstanta atau persamaan linier.

Telegram ialah aplikasi layanan pengirim pesan instan yang memiliki banyak *platform* dengan berbasis awan yang gratis dan nirlaba. Telegram tersedia pada Android, iOS, Windows Phone, dan Ubuntu Touch pada perangkat seluler dan Windows, OS X, dan Linux pada perangkat computer [5]. Salah satu *Application Programming Interface* (API) yang disediakan ialah fitur *Chatbot* yang saat ini sudah mulai banyak digunakan. Salah satu keunggulan *Chatbot* ialah keandalan untuk menyediakan data ke pengguna yang tidak terbatas oleh waktu, sehingga siapa saja bisa membuat *Chatbot* yang akan membalas semua penggunaanya ketika mengirimkan pesan perintah yang dapat diterima oleh *Chatbot* tersebut [6].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis mengembangkan penelitian dengan memodelkan lingkungan uji sungai menjadi alat *monitoring* sungai untuk mitigasi banjir dengan prediksi level ketinggian air per satuan waktu yang membandingkan keluaran alat dengan perhitungan logika *fuzzy* Sugeno. Dengan demikian, alat ini dapat mengirimkan informasi peringatan dini banjir secara cepat dan mudah dipahami oleh masyarakat melalui media *Chatbot* Telegram sehingga masyarakat siap dalam mengantisipasi bencana banjir lebih dini.

1.2 Identifikasi Masalah

Penulis menjabarkan identifikasi masalah dari latar belakang tersebut sebagai bahan penelitian ialah sebagai berikut:

1. Tingginya intensitas curah hujan di beberapa wilayah yang berpotensi sungai meluap yang mengakibatkan banjir.
2. Berdasarkan yang penulis jabarkan pada bagian tinjauan pustaka, belum adanya sistem *monitoring* banjir yang dapat memprediksi peningkatan level air per satuan waktu dengan menggunakan metode logika *fuzzy*.

1.3 Rumusan Masalah

Penulis menjabarkan rumusan masalah dari identifikasi masalah tersebut sebagai bahan penelitian ialah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang purwarupa alat *monitoring* sungai menggunakan jaringan sensor nirkabel untuk mitigasi banjir?
2. Bagaimana memprediksi peningkatan level air per satuan waktu pada sungai yang dimodelkan?

1.4 Tujuan Penelitian

Penulis menjabarkan tujuan penelitian dari rumusan masalah tersebut sebagai bahan penelitian ialah sebagai berikut:

1. Membuat purwarupa alat *monitoring* sungai menggunakan jaringan sensor nirkabel sebagai media penyebaran informasi banjir.
2. Memprediksi peningkatan level air pada sungai yang dimodelkan.

1.5 Manfaat Penelitian

Penulis menjabarkan manfaat penelitian dari tujuan penelitian tersebut sebagai bahan penelitian ialah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi banjir pada sungai yang terkontrol dari jarak jauh, sehingga dapat meminimalisir timbulnya korban jiwa dan kerugian materi.

2. Memberikan prediksi peningkatan level air sungai, sehingga dapat mengantisipasi lebih dini agar terhindar dari kerugian yang diakibatkan oleh bencana banjir.

1.6 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang penulis ambil dalam penelitian, berikut batasan masalah dijabarkan sebagai berikut:

1. Alat hanya memprediksi peningkatan air pada level ketinggian tertentu pada suatu tempat saja.
2. Uji coba alat tidak menggunakan lingkungan uji sesungguhnya (sungai sungguhan), tetapi dengan pemodelan sungai buatan (wadah uji).
3. Alat memerlukan konektivitas internet.
4. Pedoman pengujian alat prediksi banjir ialah sebagai berikut:
 - a. Level air:
 - Aman: $0\text{cm} \leq \text{Ketinggian air} < 20\text{cm}$
 - Siaga: $20\text{cm} \leq \text{Ketinggian air} < 30\text{cm}$
 - Bahaya: $30\text{cm} \leq \text{Ketinggian air} < 40\text{cm}$
 - Waspada: $40\text{cm} \leq \text{Ketinggian air} < 45\text{cm}$
 - Banjir: $45\text{cm} \leq \text{Ketinggian air} \leq 50\text{cm}$
 - b. Dengan luas wadah uji: Panjang 25cm, lebar 25cm, dan tinggi 50cm.
5. Notifikasi *Chatbot* Telegram dikirimkan dengan ketentuan:
 - a. Selama tinggi air 15 – 20 cm pada level air Aman
 - b. Selama tinggi air 25 – 30 cm pada level air Siaga
 - c. Selama tinggi air 35 – 40 cm pada level air Bahaya
 - d. Selama level air Waspada dan Banjir
6. Penelitian ini ditujukan kepada tokoh masyarakat, yaitu ketua RT di tempat tinggal penulis guna mendukung pengembangan sistem prediksi banjir sebagai acuan pendekatan sistem yang diterapkan pada kawasan sungai aslinya.

1.7 Sistematika Penulisan

Berikut sistematika penulisan sebagai bahan acuan dalam penulisan pada penelitian terbagi menjadi beberapa bab sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini memuat latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

2. BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini memuat tinjauan pustaka dan tinjauan studi.

3. BAB III RANCANGAN PENELITIAN

Pada bab ini memuat alur penelitian, rancangan sistem, rancangan kebutuhan aktual dengan pemodelan, rancangan penelitian, dan rancangan pengujian.

4. BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Pada bab ini memuat hasil implementasi dari rancangan penelitian beserta pengujian penelitian.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini memuat kesimpulan dan saran dari penelitian ini.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada sub bab tinjauan pustaka menjelaskan hal terkait konsep yang digunakan penelitian.

2.1.1 *Wireless Sensor Network (WSN)*

Wireless Sensor Network (WSN) ialah teknologi yang bisa mengontrol dan melakukan komunikasi pada lingkungan dengan proses pengukuran fisik. WSN memiliki node sensor, *sink*, dan *base station* yang dapat saling mengirimkan data menggunakan jaringan internet atau tanpa kabel [7]. Penerapan WSN pada sistem prediksi banjir bertugas menghubungkan sensor dengan *base station*, yaitu menghubungkan sensor *Water Flow* dan Ultrasonik dengan NodeMCU yang bertugas memancarkan sinyal *Wi-Fi* untuk mengakses *Chatbot* Telegram.

2.1.2 *Internet of Things*

Internet of Things atau biasa disingkat dengan *IoT* ialah sebuah konsep dari konektivitas internet yang terhubung tanpa henti. *IoT* bersifat independen yang bisa menghubungkan benda fisik, seperti mesin, peralatan, dan sejenisnya menggunakan jaringan sensor dan aktuator untuk mendapatkan data dan mengatur kemampuan kerjanya sendiri, sehingga mesin dapat berkolaborasi dari informasi terbaru [8]. Dengan menerapkan *IoT* pada penelitian ini, secara otomatis sistem dapat memproses kontrol objek dari jarak jauh dengan menggunakan perangkat ponsel, tablet, komputer, atau sejenisnya.

2.1.3 *Logika Fuzzy*

Logika *fuzzy* merupakan konsep mengenai ilmu ketidakpastian. Suatu ruang *input* dipetakan ke dalam suatu ruang *output* secara akurat menggunakan logika *fuzzy*.

Seorang profesor dari *University of California* di Berkeley, yaitu Lotfi Zadeh ialah orang yang pertama kali memperkenalkan konsep logika *fuzzy* kepada publik [4].

Terdapat metode perhitungan logika *fuzzy*, yaitu metode Sugeno, metode Tsukamoto, dan metode Mamdani. *Fuzzy* Sugeno memiliki keluaran sistem berupa persamaan linier. Pada *fuzzy* Tsukamoto, memiliki fungsi keanggotaan yang monoton [4]. *Fuzzy* Tsukamoto menggunakan defuzzifikasi rata-rata nilai terpusat. Pada *Fuzzy* Mamdani, untuk melakukan evaluasi aturan menggunakan fungsi MIN sebagai mesin inferensinya dan komposisi antar *rule* atau aturan menggunakan fungsi MAX untuk mendapatkan hasil himpunan *fuzzy* baru [5].

Tingkat akurasi metode *fuzzy* Sugeno pada data latih tahun 2011, 2012, dan 2013 secara berturut ialah 95.4%, 97.7%, dan 95.4%. Sedangkan pada data testing, didapatkan hasil 100% pada tahun yang sama. Hasil akurasi menunjukkan bahwa sistem *fuzzy* Sugeno baik digunakan untuk perhitungan penelitian sistem prediksi banjir [4].

Metode Sugeno memilki empat tahapan proses, yaitu Fuzzifikasi, Aplikasi Fungsi Implikasi, Agregasi, dan Defuzzifikasi (penegasan) [9]. Tahap pertama, Fuzzifikasi, yaitu proses pergantian suatu nilai *crisp* ke dalam variabel *fuzzy* yang berupa variabel linguistik, selanjutnya dikelompokkan menjadi himpunan *fuzzy*. Tahap kedua, Aplikasi Fungsi Implikasi, yaitu menggabungkan seluruh variabel *input* dengan menerapkan *t-norm*, yaitu operasi irisan pada himpunan *fuzzy*. Tahap ketiga, Agregasi, yaitu proses penggabungan aturan-aturan *fuzzy* untuk mendapatkan daerah dari komposisi aturan-aturan yang digunakan. Tahap terakhir ialah Defuzzifikasi, yaitu proses mendapatkan nilai *crisp* dari suatu himpunan *fuzzy*.

Dengan menerapkan kajian [9], maka penulis melakukan penelitian pada alat prediksi banjir dengan membandingkan data hasil hitung keluaran *fuzzy* Sugeno yang diolah menggunakan sebuah *tools* MathLAB yang digunakan pada penelitian ini untuk mendapatkan hasil yang akurat.

2.1.4 Debit Air untuk Prediksi Kenaikan Air

Debit air (*flow rate*) didefinisikan sebagai ukuran volume air yang mengalir pada waktu tertentu yang melewati suatu sungai, saluran, pipa, keran, atau penampang air sejenisnya [10]. Data untuk penentuan debit air (D) pada penelitian ini ialah volume lingkungan air (V) dan waktu yang dibutuhkan air untuk meningkat. Pada penelitian ini, lingkungan uji sungai disimulasikan menjadi wadah uji yang memiliki volume $25 \times 25 \times 50 \text{ cm}^3$ dan debit diciptakan melalui air yang mengalir melalui selang dari sumber air (keran air). Pada sungai sungguhan yang menjadi faktor peningkatan level air pada sungai ialah debit air yang dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya kenaikan level air dan status air.

Debit air dihitung dengan persamaan metode rasional di bawah ini:

$$D = \frac{V}{W} \quad (1)$$

Selanjutnya, maka untuk menghitung intensitas waktu air akan meningkat dengan menggunakan rumus turunan dari rumus debit air dengan:

$$W = \frac{V}{D} \quad (2)$$

Keterangan:

D = Debit air / laju air (Liter atau dm^3/menit)

V = Lingkungan air / tempat air (Liter atau dm^3)

W = Waktu intensitas air mengalir (menit)

2.1.5 NodeMCU

NodeMCU diumpamakan sebagai mikrokontroler atau *board* ber-*platform IoT* arduino-nya ESP8266 yang mempunyai fitur kecakapan akses terhadap *Wi-Fi* dan juga chip komunikasi USB to serial yang bersifat *opensource*. NodeMCU memiliki perangkat keras buatan *Espressif System* yang berupa sistem tertanam dari

ESP8266. Bahasa pemrograman *firmware* yang digunakan ialah Scripting Lua. Pada penelitian ini, NodeMCU yang digunakan ialah ESP8266 versi Amica

2.1.6 Basis Data Non Relasional

Basis data non relasional atau dikenal NoSql merupakan salah satu model basis data yang tidak berelasi dengan tabel lainnya dan memiliki format penyimpanan yang luwes [11]. Basis data non relasional memiliki kelebihan, yaitu fleksibilitas, skalabilitas, kinerja tinggi, dan fungsionalitas tinggi. Fleksibilitas memiliki kemampuan untuk mempercepat pengembangan basis data. Permodelan data yang fleksibel, sehingga basis data non relasional cocok diterapkan untuk *IoT* yang berbentuk semi terstruktur atau tidak terstruktur. Skalabilitas berfungsi untuk meningkatkan skala dengan menggunakan pengelompokan perangkat keras yang terdistribusi. Pengoptimalan kemampuan kerja pada model data spesifik, dapat berupa dokumen JSON dan pola akses yang memberikan kemampuan kerja menjadi lebih tinggi. Basis data memiliki fungsionalitas yang baik, yaitu setiap model data disediakan API yang khusus dibuat untuk setiap model data yang sesuai. Salah satu basis data non relasional yang memiliki API ialah Firebase *real-time database* [12].

2.1.7 Buzzer

Buzzer merupakan komponen elektronika yang memancarkan suara pasif. *Buzzer* terdiri dari *Buzzer* aktif dan *Buzzer* pasif. *Buzzer* aktif ialah buzzer yang dapat mengeluarkan suaranya sendiri, sehingga untuk menghidupkan buzzer jenis ini dengan menghubungkannya ke listrik tanpa perlu tambahan rangkaian osilator. *Buzzer* pasif ialah *buzzer* yang tidak dapat mengeluarkan suaranya sendiri, sehingga perlu rangkaian osilator untuk membangkitkan suara *buzzer* pasif ini. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan *buzzer* aktif yang otomatis berbunyi ketika hasil deteksi sensor menunjukkan level ketinggian air dalam keadaan bahaya, waspada, dan banjir.

2.1.8 Sensor

1. Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik ialah sensor yang bekerja dengan menembakkan suatu gelombang, lalu menangkap gelombang yang dipantulkan untuk menghitung waktu tersebut. Sensor yang digunakan ialah tipe HC-SR04 yang dapat mengukur benda dari jarak 2 centimeter hingga 4 meter dengan akurasi 3 milimeter dengan tingkat kesalahan 4,93% [13]. Alat ini memiliki 4 pin, terdapat pin Vcc, Gnd, Trigger, dan Echo. Pin Vcc untuk listrik positif dan Gnd untuk groundnya. Pin Trigger untuk menembakkan sinyal keluar dari sensor dan pin Echo untuk menangkap sinyal pantul dari benda tersebut [14]. Pada penelitian ini, sensor ultrasonik berfungsi untuk mendeteksi objek air yang ada pada lingkungan uji dan meneruskan informasi ke mikrokontroler.

2. Sensor *Water flow*

Sensor *Water flow* ialah sensor yang berfungsi sebagai penghitung nilai debit air yang mengalir ketika terjadi pergerakan motor. Kemudian nilai akan dikonversi ke dalam nilai satuan liter (L). Cara kerja sensor ini ialah dengan menggunakan sensor *hall effect* yang didasarkan pada efek medan magnetik terhadap partikel bermuatan yang bergerak. Sensor ini memiliki beberapa bagian, seperti katup plastik, rotor air, dan sensor *hall effect* dengan rata-rata akurasi $\pm 91.00\%$ dengan *error* pembacaan 9% [15]. Pada penelitian ini, sensor *water flow* difungsikan untuk menghitung debit air untuk memperkirakan waktu peningkatan air berdasarkan level ketinggian pada lingkungan uji sungai yang dimodelkan.

2.2 Tinjauan Studi

Pada tinjauan studi, berikut beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik penulis sebagai bahan kajian untuk membandingkan perbedaan dari penelitian yang sebelumnya dengan penelitian penulis ialah sebagai berikut:

1. Penelitian yang dilakukan oleh Dian Kurniawan, Agung Nugroho Jati, dan Asep Mulyana (2016) dengan judul, “Perancangan dan Implementasi Sistem Monitor Cuaca Menggunakan Mikrokontroler Sebagai Pendukung Sistem Peringatan Dini Banjir” bertujuan untuk *me-monitoring* cuaca secara *real-time*. Sistem tersebut dirancang menggunakan sensor suhu, tekanan udara, dan kelembaban udara [16].
2. Penelitian yang dilakukan oleh Mawarizkar Radhya dan Agus Mulyana (2017) dengan judul, “Perancangan Sistem *Monitoring* Banjir Terpadu Berbasis Android dan *Website*” bertujuan untuk memantau atau *me-monitoring* ketinggian air sungai dengan harapan dapat meminimalisir kerugian dari peristiwa banjir. Sistem tersebut dirancang untuk menampilkan informasi kontrol ketinggian air sungai dan hujan di wilayah tertentu melalui android dan *website* [17].
3. Penelitian yang dilakukan oleh Wahyu Indianto, Awang Harsa Kridalaksana, Yulianto (2017) dengan judul, “Perancangan Sistem Alat Pendeteksi Banjir Peringatan Dini Menggunakan Arduino dan Php” bertujuan untuk membantu si pemilik rumah untuk mengetahui sejak dini terjadinya banjir sehingga dapat menyelamatkan barang – barang berharga (barang yg rentan akan air) untuk ditempatkan atau disimpan di tempat yang lebih aman. Sistem tersebut dirancang untuk menampilkan informasi peringatan dini banjir kepada pengguna melalui SMS [14].
4. Penelitian yang dilakukan oleh Dedi Satria, Syaifuddin Yana, Rizal Munadi, dan Saumi Syahreza (2017) dengan judul, “Sistem Peringatan Dini Banjir Secara Real-Time Berbasis Web Menggunakan Arduino dan Ethernet” bertujuan untuk mengirimkan informasi data ketinggian air dan status banjir aman, waspada, dan bahaya ke sistem informasi *website* [18].
5. Penelitian yang dilakukan oleh Dwi Rahma Ariyani, Zaini, Rahmi Eka Putri (2017) dengan judul, “Sistem *Monitoring* Banjir Pada Jalan Menggunakan Aplikasi Mobile dan Modul Wi-Fi” bertujuan untuk mengirimkan informasi banjir berdasarkan wilayah melalui google maps di aplikasi android [19].
6. Penelitian yang dilakukan oleh Chrisyantar Hasiholan, Rakhmadhany Primananda, dan Kasyful Amron (2018) dengan judul, “Implementasi

Konsep *Internet of Things* pada Sistem *Monitoring* Banjir menggunakan Protokol MQTT” bertujuan untuk menyebarkan informasi banjir melalui *website* sebagai solusi dari permasalahan banjir pada suatu daerah[20].

7. Penelitian yang dilakukan oleh Angga Prasetyo, Moh. Bhanu Setyawan (2018) dengan judul, “Purwarupa *Internet of Things* Sistem Kewaspadaan Banjir dengan Kendali Raspberry Pi” bertujuan untuk memberikan informasi kewaspadaan banjir melalui *Chatbot* Telegram[21].
8. Penelitian yang dilakukan oleh Moh. Fikullah Habibi (2018) dengan judul, “Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Deteksi Dini Untuk Kawasan Rawan Banjir Berbasis Arduino” bertujuan untuk mengetahui zona rawan banjir, mempelajari hasil zonasi rawan banjir berdasarkan tipe data hujan yang berbeda, analisis kejadian, dan mengetahui daerah yang memiliki resiko tertinggi [22].
9. Penelitian yang dilakukan oleh Novi Lestari, Satrianansyah, dan Bella Mutia (2018) dengan judul, “*Monitoring* Penanggulangan Banjir dan Alarm Otomatis Berbasis *Internet of Things (IoT)* Di Dinas Sosial Unit Tagana Kota Lubuklinggau” bertujuan untuk memberikan informasi mengenai banjir dan ketinggian air pada *website* di berbagai tempat secara cepat dan mudah di akses [23].
10. Penelitian yang dilakukan oleh Abdullah dan Rizki Fitriana (2020) dengan judul, “Sistem Peringatan Dini Banjir Berdasarkan Ketinggian Air, Debit Air Dan Curah Hujan Dilengkapi Dengan Sistem *Monitoring* Data Sensor” bertujuan untuk untuk mengantisipasi dampak curah hujan tinggi yang terjadi tiba-tiba. Sehingga dirancang alat ini agar dapat memberikan informasi ke masyarakat sekitar sungai [24].

Berdasarkan Tabel 2.1 menampilkan bahwa terdapat kekurangan pada penelitian sebelumnya, yaitu alat *monitoring* tidak dapat memprediksi dan tidak memiliki metode perhitungan untuk menghasilkan *output* dari hasil deteksi sensor dalam *monitoring* banjir, sehingga hasil yang didapatkan belum terjamin keakuratan datanya.

Tabel 2.1 Komparasi Penelitian

No	Penelitian Terkait	Mikrokontroler	Masukan	Proses	Keluaran	Antarmuka
1	Dian Kurniawan, Agung Nugroho Jati, dan Asep Mulyana (2016) dengan judul, “Perancangan dan Implementasi Sistem Monitor Cuaca Menggunakan Mikrokontroler Sebagai Pendukung Sistem Peringatan Dini Banjir”	Arduino Uno	Sensor DHT22 dan Sensor BMP180	Sensor DHT22 mengukur suhu dan kelembapan udara. Sensor BMP180 mengukur tekanan udara (barometric pressure)	Informasi rata-rata suhu, kelembapan, dan tekanan udara (barometric pressure)	Server
2	Mawarizkar Radhya dan Agus Mulyana (2017) dengan judul, “Perancangan Sistem Monitoring Banjir Terpadu Berbasis Android dan Website”	Arduino Uno	Sensor Ultrasonik dan Sensor Hujan	Sensor Ultrasonik mendeteksi jarak objek air dari sensor dan Sensor Hujan mendeteksi curah air hujan	Informasi kontrol ketinggian air sungai dan hujan di wilayah tertentu	Website
3	Wahyu Indianto, Awang Harsa Kridalaksana, Yulianto (2017) dengan judul, “Perancangan Sistem Alat Pendeteksi Banjir	Arduino Uno	Sensor Ultrasonik dan Sensor Water Level	Sensor Ultrasonik mendeteksi jarak objek air dari sensor dan Sensor Water Level mendeteksi ketinggian air	Informasi mengenai banjir dan ketinggian air di berbagai tempat secara cepat dan mudah diakses	SMS ponsel

No	Penelitian Terkait	Mikrokontroler	Masukan	Proses	Keluaran	Antarmuka
	Peringatan Dini Menggunakan Arduino dan Php”					
4	Dedi Satria, Syiaifuddin Yana, Rizal Munadi, dan Saumi Syahreza (2017) dengan judul, “Sistem Peringatan Dini Banjir Secara Real-Time Berbasis Web Menggunakan Arduino dan Ethernet”	Arduino Uno	Sensor Ultrasonik	Sensor Ultrasonik mendeteksi jarak objek air dari sensor	Informasi data ketinggian air dan status banjir aman, waspada, dan bahaya	Website
5	Dwi Rahma Ariyani, Zaini, Rahmi Eka Putri (2017) dengan judul, “Sistem Monitoring Banjir Pada Jalan Menggunakan Aplikasi Mobile dan Modul Wi- Fi”	Arduino Uno	Sensor Hujan	Sensor Hujan mendeteksi curah air hujan yang terhubung dengan ground	Informasi banjir berdasarkan wilayah melalui google maps di aplikasi android	Aplikasi Android
6	Chrisyantar Hasiholan, Rakhmadhany Primananda, dan Kasyful Amron (2018) dengan judul, “Implementasi Konsep Internet of Things pada Sistem	Raspberry Pi	Sensor Ultrasonik dan Sensor Suhu	Sensor Ultrasonik mendeteksi jarak objek air dari sensor dan Sensor Suhu mengukur temperatur udara	Informasi level ketinggian air, yaitu rendah, menengah, dan tinggi	Website

No	Penelitian Terkait	Mikrokontroler	Masukan	Proses	Keluaran	Antarmuka
	Monitoring Banjir menggunakan Protokol MQTT”					
7	Angga Prasetyo, Moh. Bhanu Setyawan (2018) dengan judul, “Purwarupa Internet of Things Sistem Kewaspadaan Banjir dengan Kendali Raspberry Pi”	Raspberry Pi	Sensor Ultrasonik	Sensor Ultrasonik mendeteksi jarak objek air dari sensor	Informasi peringatan banjir	Chatbot Telegram
8	Moh. Fikullah Habibi (2018) dengan judul, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Deteksi Dini Untuk Kawasan Rawan Banjir Berdasarkan Arduino”	Arduino Uno	Sensor Ultrasonik, Sensor Water Level, dan Sensor DHT11	Sensor Ultrasonik mendeteksi jarak objek air pada botol lalu menghidupkan buzzer, Sensor Water Level mendeteksi level ketinggian air, dan Sensor DHT11 mengukur suhu dan kelembaban udara	Informasi data zonasi rawan banjir berdasarkan tipe data hujan yang berbeda, analisis kejadian, dan mengetahui daerah yang memiliki resiko tertinggi pada Website	Website
9	Novi Lestari, Satrianansyah, dan Bella Mutia (2018) dengan judul, “Monitoring Penanggulangan Banjir dan	Arduino Uno	Sensor Ultrasonik	Sensor Ultrasonik mendeteksi jarak objek air dari sensor	Informasi monitoring level ketinggian air	Website

No	Penelitian Terkait	Mikrokontroler	Masukan	Proses	Keluaran	Antarmuka
	Alarm Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT) Di Dinas Sosial Unit Tagana Kota Lubuklinggau”					
10	Abdullah dan Rizki Fitriana (2020) dengan judul, “Sistem Peringatan Dini Banjir Berdasarkan Ketinggian Air, Debit Air Dan Curah Hujan Dilengkapi Dengan Sistem Monitoring Data Sensor”	ATMega 32	Sensor Ultrasonik, Sensor Water Level, Sensor Water Flow	Sensor Ultrasonik mendeteksi jarak objek air dari Sensor Water Level mengukur ketinggian air, dan Sensor Water Flow akan menghitung debit air pada lingkungan uji	Informasi hasil pengukuran curah hujan pada sungai	LCD 16*2
11	Alvijar Akbar Pahlevi (2021) dengan judul “Sistem Peringatan Dini Banjir Berdasarkan Debit dan Tinggi Air Menggunakan ESP8266 dan Perhitungan Logika Fuzzy”	NodeMCU	Sensor Ultrasonik dan Sensor Water flow	Penerapan fuzzy logic pada Sensor water flow akan menghitung jumlah debit untuk memprediksi waktu peningkatan air dan Sensor ultrasonik akan membaca ketinggian level air lalu Chatbot Telegram mengirimkan	Prediksi lamanya waktu sungai akan meluap dan pemberitahuan level ketinggian air secara real-time	LCD 16*2, dan Chatbot Telegram

No	Penelitian Terkait	Mikrokontroler	Masukan	Proses	Keluaran	Antarmuka
				notifikasi ke ponsel		

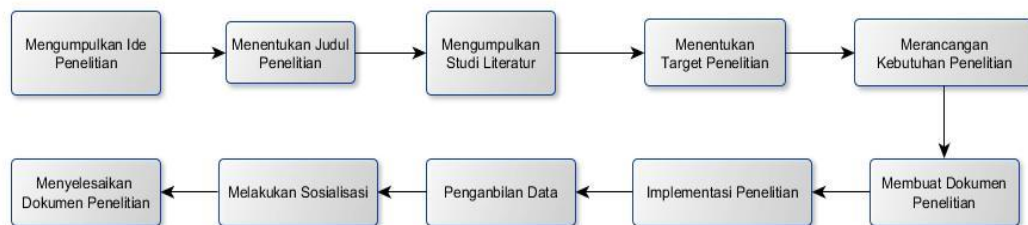
Pada Tabel 2.2 nomor 1 hingga 10 menampilkan penelitian-penelitian sebelumnya dengan membandingkan nomor 11 menampilkan penelitian penulis. Adapun perbedaan mulai dari mikrokontroler, masukan, proses, keluaran, dan antarmuka. Pada nomor 11 menggunakan NodeMCU sebagai Mikrokontrolernya dengan memanfaatkan konsep logika *fuzzy* Sugeno pada sensor ultrasonik untuk memprediksi lama air akan mengalami peningkatan pada level tertentu dengan hasil yang lebih akurat.

BAB III

RANCANGAN PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Pada alur yang digunakan pada penelitian ini digambarkan menggunakan diagram alir. Diagram tersebut merepresentasikan tahapan pembuatan penelitian. Diagram alir dapat diketahui pada Gambar 3.1.

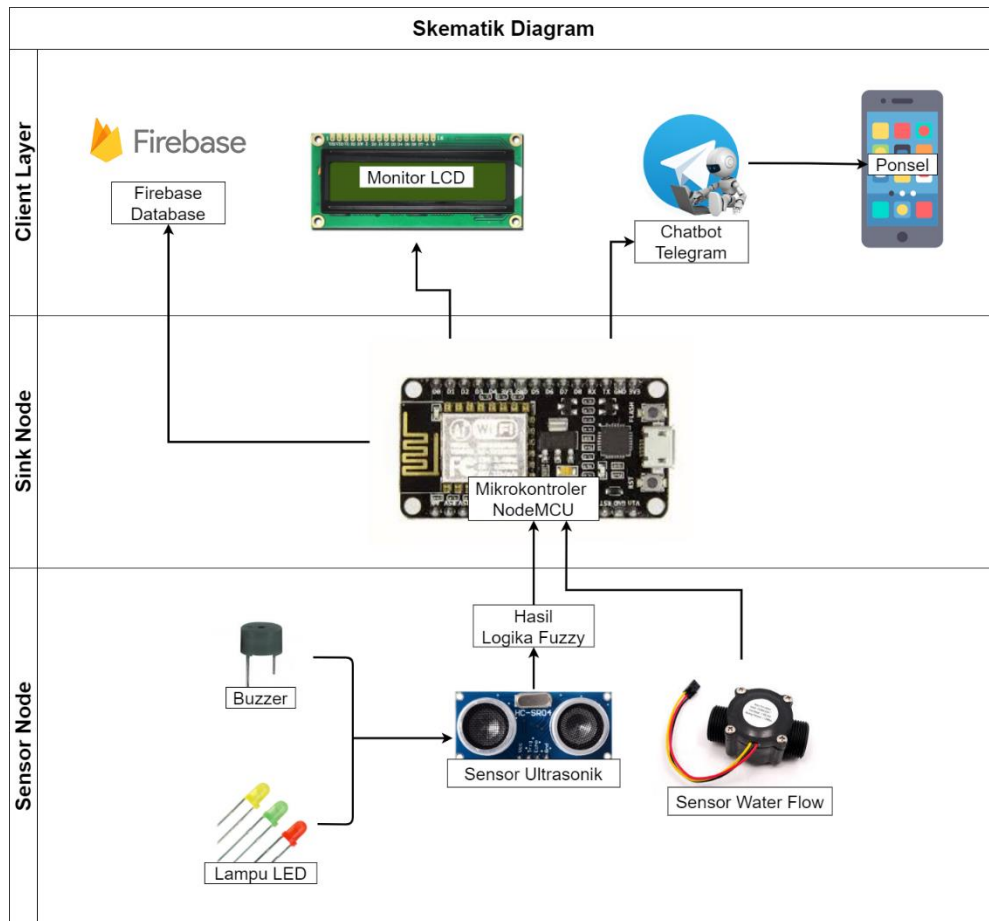


Gambar 3.1 Diagram Alir Alur Penelitian

Pada Gambar 3.1 merupakan tahapan penelitian penulis mulai dari mengumpulkan ide penelitian, menentukan judul penelitian, mengumpulkan studi literatur, menentukan target penelitian, merancang kebutuhan penelitian, membuat dokumen penelitian, implementasi penelitian, pengambilan data, melakukan sosialisasi, dan menyelesaikan dokumen penelitian.

3.2 Rancangan Sistem

Penelitian ini memiliki rancangan sistem yang digambarkan menggunakan diagram skematik. Diagram tersebut merupakan representasi setiap komponen dari suatu proses yang terdapat pada sistem. Skematik diagram penelitian dapat diketahui pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Skematik

Pada Gambar 3.2 terdapat 3 layer dengan keterangan sebagai berikut :

1. Layer *Sensor Node* terdiri dari:
 - a. Penerapan logika *fuzzy* pada sensor ultrasonik digunakan untuk membaca data level ketinggian air. Hasil yang berupa pesan, "STATUS AMAN" atau "STATUS SIAGA" atau "STATUS BAHAYA" atau "STATUS WASPADA" atau "STATUS BANJIR" ditampilkan pada monitor LCD
 - Alarm *Buzzer* berbunyi dengan jeda per 1 detik selama 10 kali pada level air bahaya, jeda per 0.5 detik selama 10 kali pada level air waspada, jeda per 0.2 detik selama 10 kali pada level air banjir
 - Lampu LED dengan keterangan:

Lampu hijau aktif ketika kondisi Aman, lampu kuning aktif ketika kondisi Siaga, dan lampu merah aktif ketika kondisi Bahaya, lampu merah berkedip per 0.5 detik selama Waspada, dan lampu merah berkedip per 0.2 detik selama Banjir

- b. Sensor *Water Flow* untuk menghitung debit air untuk memprediksi seberapa tinggi meningkatnya air sungai perdetik dan ditampilkan pada LCD dan Ponsel
2. Layer *Sink Node*, terdapat NodeMCU menyediakan sinyal *Wi-Fi* dengan fungsi:
 - a. Untuk mengakses dan mengirimkan data dari hasil deteksi sensor pada *Chatbot* Telegram
 - b. Untuk menghubungkan perangkat dengan *Firestore Database*
3. Layer *Client Layer* terdiri dari:
 - a. Monitor LCD mendapatkan data informasi dari mikrokontroler dan menampilkan informasi status level ketinggian air terakhir
 - b. Ponsel mendapatkan data informasi dari *Chatbot* Telegram dan menampilkan informasi status level ketinggian air terakhir
 - c. *Firestore* menyimpan data dari hasil deteksi sensor pada sistem dan menampilkan informasi status level ketinggian air terakhir secara *real-time*

Sistem prediksi banjir menggunakan sensor *water flow* dan sensor ultrasonik yang dapat memprediksi ketinggian air dan debit air sungai berdasarkan level ketinggian aman, siaga, bahaya, dan waspada banjir. Sensor-sensor tersebut terhubung dengan mikrokontroler NodeMCU yang bekerja melakukan pengiriman data hasil baca dari lingkungan. Data yang terbaca pada sensor-sensor tersebut akan dikirimkan ke *Database Firestore*. Data pada sensor-sensor tersebut juga akan dibandingkan dengan *fuzzy logic* yang diolah menggunakan MathLAB untuk mendapatkan hasil data yang lebih akurat.

3.3 Rancangan Kebutuhan Aktual dengan Pemodelan

Rancangan pengujian aktual dengan pemodelan bertujuan sebagai data pembanding pengujian antara kebutuhan aktual dengan pemodelan. Sehingga, mendapatkan hasil pengujian alat *monitoring* banjir pada sungai yang terjamin keakuratan datanya. Berikut komparasi kebutuhan aktual dengan pemodelan dapat diketahui pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Komparasi Kebutuhan Aktual dengan Pemodelan

	Lingkungan Uji			Alat Uji	
	Lokasi	Jenis Topografi, Tanah, Vegetasi	Ketinggian (dasar ke permukaan)	Fungsi	Alat yang dipakai
Kebutuhan Aktual	Di pinggir sungai Citarum daerah Majalaya Theater (MT) [25]	-	180cm	Alat ukur ketinggian air	Sensor Ultrasonik (alat ukur mistar)
				Indikator intensitas curah hujan	Sensor Hujan
				Indikator peringatan banjir	Lampu LED Red, Yellow, Green
				Tampilan informasi banjir	LCD 16*2 dan SMS ke ponsel
Kebutuhan Pemodelan	Wadah Uji (pemodelan sungai)	Bergelombang, Lempung berpasir, Tanaman hias	50cm	Alat ukur ketinggian air	Sensor Ultrasonik (alat ukur pada wadah uji)
				Indikator intensitas curah hujan	Sensor <i>Water flow</i>

	Lingkungan Uji			Alat Uji	
	Lokasi	Jenis Topografi, Tanah, Vegetasi	Ketinggian (dasar ke permukaan)	Fungsi	Alat yang dipakai
				Indikator peringatan banjir	Lampu LED Red, Yellow, Green dan <i>Buzzer</i>
				Tampilan informasi banjir	LCD I2C 16*2 dan notifikasi <i>Chatbot</i> Telegram

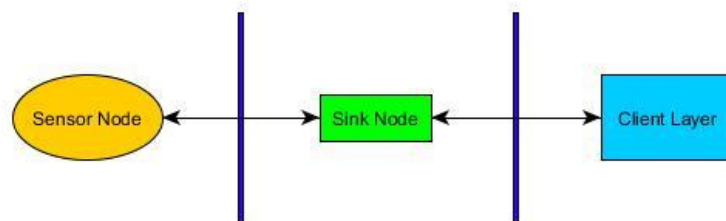
Pada Tabel 3.1, kebutuhan aktual didapatkan dari hasil pengujian pada lokasi pinggir sungai Citarum, Majalaya Teather, Jawa Barat. Berdasarkan pengujian pada sungai Citarum, disimpulkan bahwa alat dapat bekerja dengan hasil yang semestinya. Sehingga, berdasarkan komparasi kebutuhan aktual dengan pemodelan pada penelitian penulis yang memiliki alat uji serupa, maka akan menghasilkan tingkat kemiripannya data uji yang tinggi.

3.4 Rancangan Penelitian

Berdasarkan permasalahan belum adanya sistem *monitoring* banjir yang memprediksi peningkatan ketinggian air sungai per satuan waktu, maka diusulkan penggunaan alat sistem yang mengatasi permasalahan tersebut. Alat ini dinamakan sistem prediksi banjir. Alat ini digunakan untuk memantau atau mengontrol kondisi ketinggian air sungai berdasarkan level status aman, siaga, dan bahaya serta dapat memprediksi waktu peningkatan debit air sungai dalam satuan waktu kemudian mengirimkan informasi status ketinggian air sungai melalui *Chatbot* Telegram ke ponsel pengguna.

3.4.1 Perancangan Topologi *Star*

Topologi jaringan dirancang untuk menghubungkan suatu perangkat komputer dengan komputer lainnya menurut hubungan geometris di antara unsur-unsur dasar penyusun jaringan, seperti *node*, *link*, dan *station* [26]. Pada alat sistem prediksi banjir ini menggunakan topologi *star* karena setiap node menggunakan satu jalur komunikasi yang saling terhubung langsung dengan pusat node [27]. Pada penelitian ini, setiap node atau *client* menuju ke *server* sebagai pusatnya yang difungsikan untuk mengontrol keadaan air sungai berdasarkan level ketinggian air terkini. Pada sisi *client* (*Sensor Node*), terdapat sensor Ultrasonik dan sensor *Water Flow*, sisi *server* (*Sink Node*) terdapat mikrokontroler yang bertugas mengolah data dan meneruskan data ke Client Layer untuk menampilkan data yang diolah berupa informasi level ketinggian banjir terkini pada Monitor LCD dan Ponsel untuk mengakses *chatbot* Telegram dan diteruskan ke Firebase untuk menyimpan data. Topologi *Star* dapat diketahui pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Topologi *Star* [27]

Berdasarkan Gambar 3.3, *Sensor Node* membaca data lalu diterima oleh *Sink Node*, kemudian *Sink Node* mengirimkan data ke *Client Layer* untuk ditampilkan.

3.4.2 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras digunakan untuk mengembangkan sistem prediksi banjir yang dijabarkan menjadi kebutuhan perangkat keras dan desain perangkat keras.

3.4.2.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Perangkat keras yang diperlukan pada penelitian berjumlah 8 komponen. Komponen tersebut berupa NodeMCU, Sensor Ultrasonik, Sensor *Water flow*, *Buzzer*, Kabel Jumper, LCD I2C Monitor 16*2, *Power Supply*, dan Wadah Uji. Kebutuhan perangkat keras tersebut dapat diketahui pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Kebutuhan Perangkat Keras

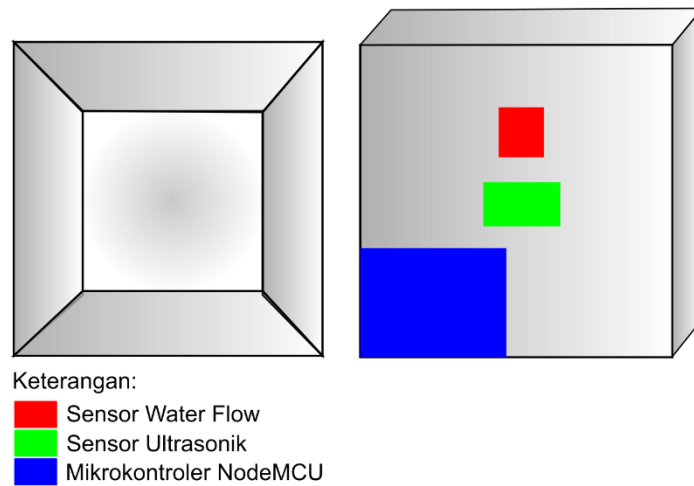
Nomor	Nama Alat	Fungsi
1.	NodeMCU	Sebagai mikrokontroler yang berfungsi untuk mendeteksi status keamanan air sungai dengan menggunakan sensor serta terhubung melalui jaringan seluler untuk mengontrol banjir dan sebagai media yang memancarkan sinyal <i>Wi-Fi</i> untuk mengakses Firebase
2.	Sensor Ultrasonik	Sebagai alat untuk mendeteksi objek diam dan bergerak dengan jarak tertentu.
3.	Sensor <i>Water flow</i>	Sebagai alat untuk menghitung jumlah debit air.
4.	<i>Buzzer</i>	Sebagai alarm yang menghasilkan gelombang suara.
5.	Kabel Jumper	Sebagai penghubung jalur antar rangkaian yang terputus.
6.	LCD I2C 16*2	Sebagai perangkat yang akan menampilkan informasi sistem prediksi banjir
7.	<i>Power Supply</i>	Sebagai perangkat untuk menghidupkan mikrokontroler.
8.	Wadah Uji	Sebagai tempat alat sistem diletakkan untuk membaca ketinggian air oleh sensor.

3.4.2.2 Desain Perangkat Keras

Terdapat 2 butir pada desain perangkat keras, yaitu sebagai berikut :

- a. Desain Perangkat Keras Pemantauan Tampak Dalam

Desain perangkat keras pemantauan tampak dalam dapat diketahui pada Gambar 3.4.

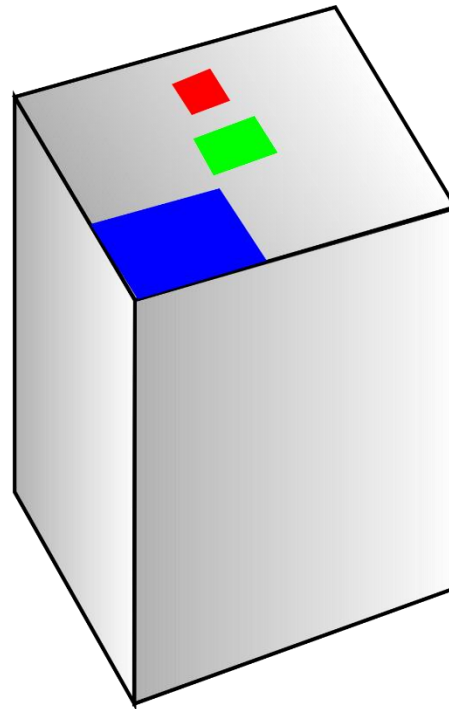


Gambar 3.4 Desain Perangkat Keras Pemantauan Tampak Dalam

Pada Gambar 3.4 desain perangkat keras pemantauan tampak dalam terdapat wadah uji yang berisikan sensor ultrasonik dan sensor *water flow*. Sensor ultrasonik akan dipasangkan pada bagian sisi atas dari wadah uji untuk mendeteksi ketinggian air dengan jarak berdasarkan level ketinggian tertentu pada wadah uji. Pada sensor *water flow*, dipasangkan pada sisi samping dari sensor ultrasonik untuk mengukur laju aliran air atau debit air yang masuk ke wadah uji melalui selang yang dikaitkan pada sensor *water flow* tersebut.

b. Desain Perangkat Pemantauan Keras Tampak Luar

Desain perangkat keras pemantauan tampak dalam dapat diketahui pada Gambar 3.5.



Keterangan:

- Sensor Water Flow
- Sensor Ultrasonik
- Mikrokontroler NodeMCU

Gambar 3.5 Desain Perangkat Keras Pemantauan Tampak Luar

Berdasarkan Gambar 3.5 desain perangkat keras pemantauan tampak luar pada bagian atas wadah uji terdapat sensor *water flow* untuk mengalirkan air dari sumber air melalui selang dan NodeMCU berada di atas penutup wadah uji. Wadah uji didesain berbahan dasar akrilik.

3.4.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak digunakan untuk mengembangkan sistem prediksi banjir yang dijelaskan pada sub sub bab kebutuhan perangkat lunak.

3.4.3.1 Kebutuhan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang diperlukan pada penelitian ini diantaranya aplikasi *client layer* dan server. Kebutuhan perangkat lunak dapat diketahui pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kebutuhan Perangkat Lunak

Nomor	Nama	Keterangan
1.	Arduino IDE 1.8.10	Sebagai pemrograman pada NodeMCU ESP8266 menggunakan bahasa C
2.	MATLAB R2015a	Sebagai pengembangan sistem dan desain sistem logika <i>fuzzy</i>
3.	Telegram	Sebagai <i>client layer</i> berupa visualisasi data yang berupa <i>Chatbot</i> Telegram

1. Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional ialah kebutuhan dengan alur, cara, ataupun layanan bagaimana suatu sistem dapat berperilaku pada input tertentu terhadap sistem yang akan dikembangkan.

Adapun kebutuhan fungsional sistem prediksi banjir, yaitu:

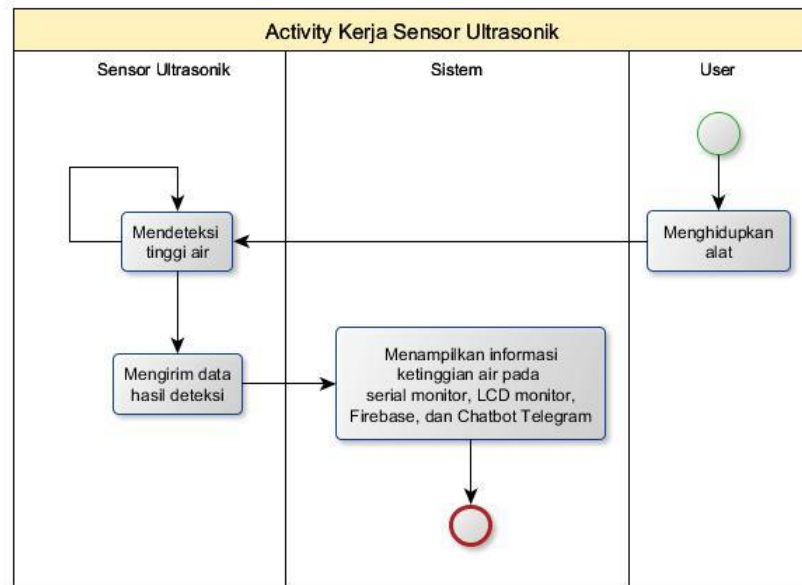
1. Sensor ultrasonik membaca nilai tinggi air pada level aman, siaga, bahaya, waspada, dan banjir pada sistem.
2. Sensor *water flow* membaca nilai debit air per satuan waktu pada sistem.
3. Mikrokontroler dapat menampilkan informasi tinggi air, debit air, dan status level air pada LCD monitor.
4. Mengirimkan notifikasi *Chatbot* Telegram dengan kondisi tertentu secara otomatis ke ponsel pengguna untuk memantau sungai dari jarak jauh.
5. Menyimpan data hasil deteksi sensor ke Firebase secara otomatis.

2. Activity Diagram

Adapun alur kerja sistem yang dikembangkan pada penelitian ini menggunakan *activity diagram*. Terdapat *activity diagram* sebagai berikut:

1. Activity kerja Sensor Ultrasonik

Activity diagram kerja sensor ultrasonik dapat diketahui pada Gambar 3.6.

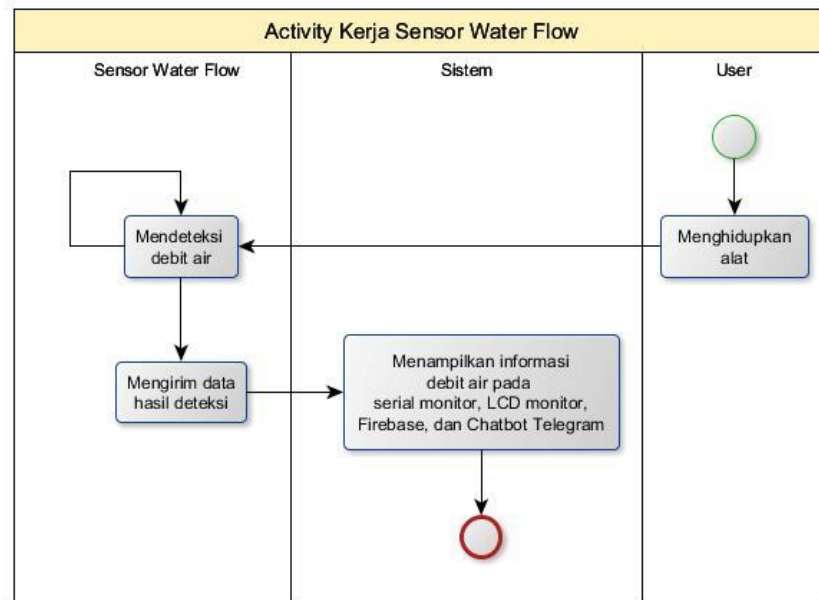


Gambar 3.6 *Activity Diagram Kerja Sensor Ultrasonik*

Berdasarkan Gambar 3.6, *activity* diagram dimulai pada saat pengguna menghidupkan alat untuk mengetahui ketinggian air, lalu sensor ultrasonik mendeteksi tinggi air kemudian mengirimkan data hasil deteksi menuju sistem. Selanjutnya, sistem menampilkan informasi ketinggian air pada serial monitor, LCD monitor, Firebase, dan *Chatbot* Telegram.

2. *Activity* kerja Sensor *Water Flow*

Activity diagram kerja sensor *water flow* dapat diketahui pada Gambar 3.7.

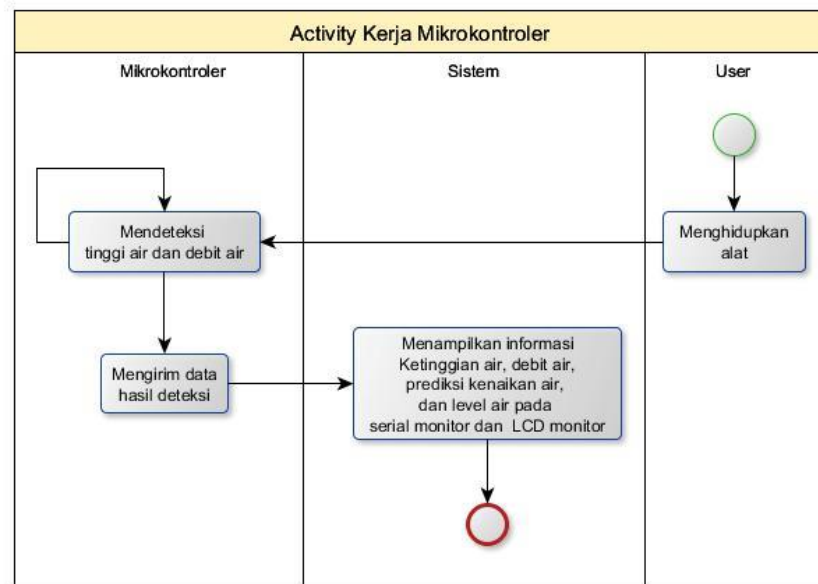


Gambar 3.7 Activity Diagram Kerja Sensor *Water Flow*

Berdasarkan Gambar 3.7, *activity* diagram dimulai pada saat pengguna menghidupkan alat untuk mengetahui debit air, lalu sensor ultrasonik mendeteksi debit air kemudian mengirimkan data hasil deteksi menuju sistem. Selanjutnya, sistem menampilkan informasi ketinggian air pada serial monitor, LCD monitor, Firebase, dan *Chatbot* Telegram.

3. Activity kerja Mikrokontroler

Activity diagram kerja sensor *water flow* dapat diketahui pada Gambar 3.8.

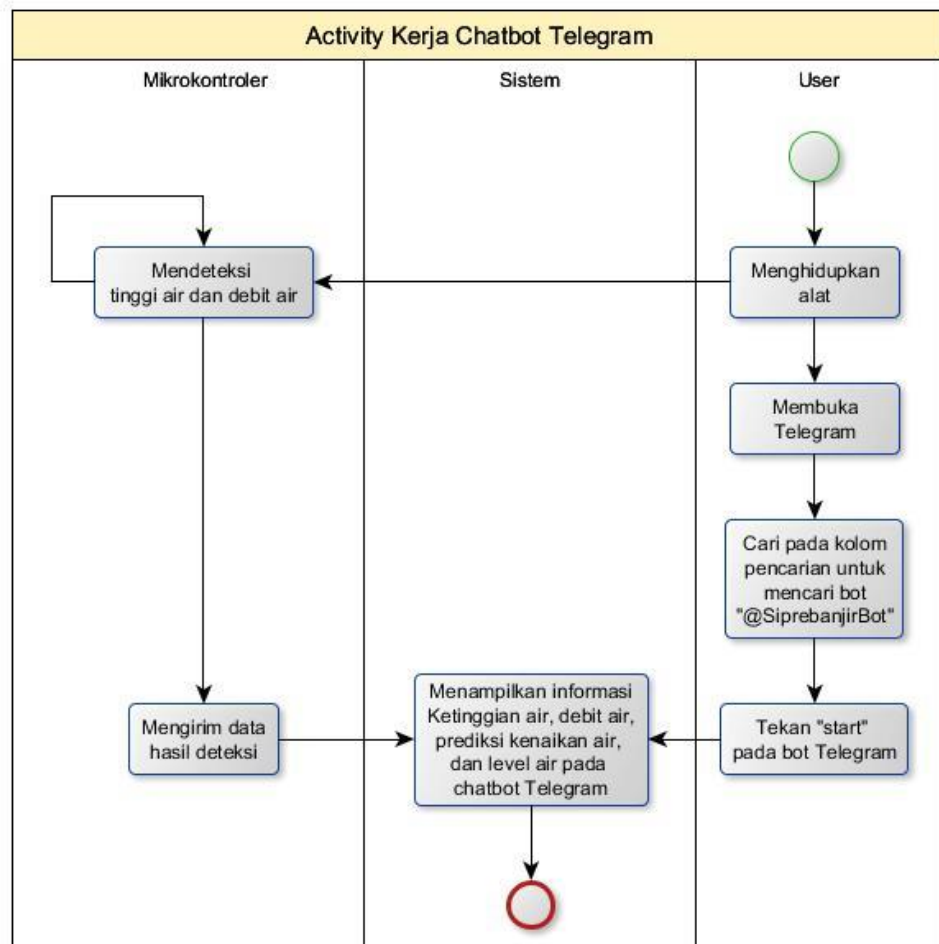


Gambar 3.8 Activity Diagram Kerja Mikrokontroler

Berdasarkan Gambar 3.8, *activity* diagram dimulai pada saat pengguna menghidupkan alat untuk mengetahui debit air, lalu sensor ultrasonik mendeteksi debit air kemudian mengirimkan data hasil deteksi menuju sistem. Selanjutnya, sistem menampilkan informasi ketinggian air pada serial monitor dan LCD monitor.

4. Activity kerja Chatbot Telegram

Activity diagram kerja Chatbot Telegram dapat diketahui pada Gambar 3.9.

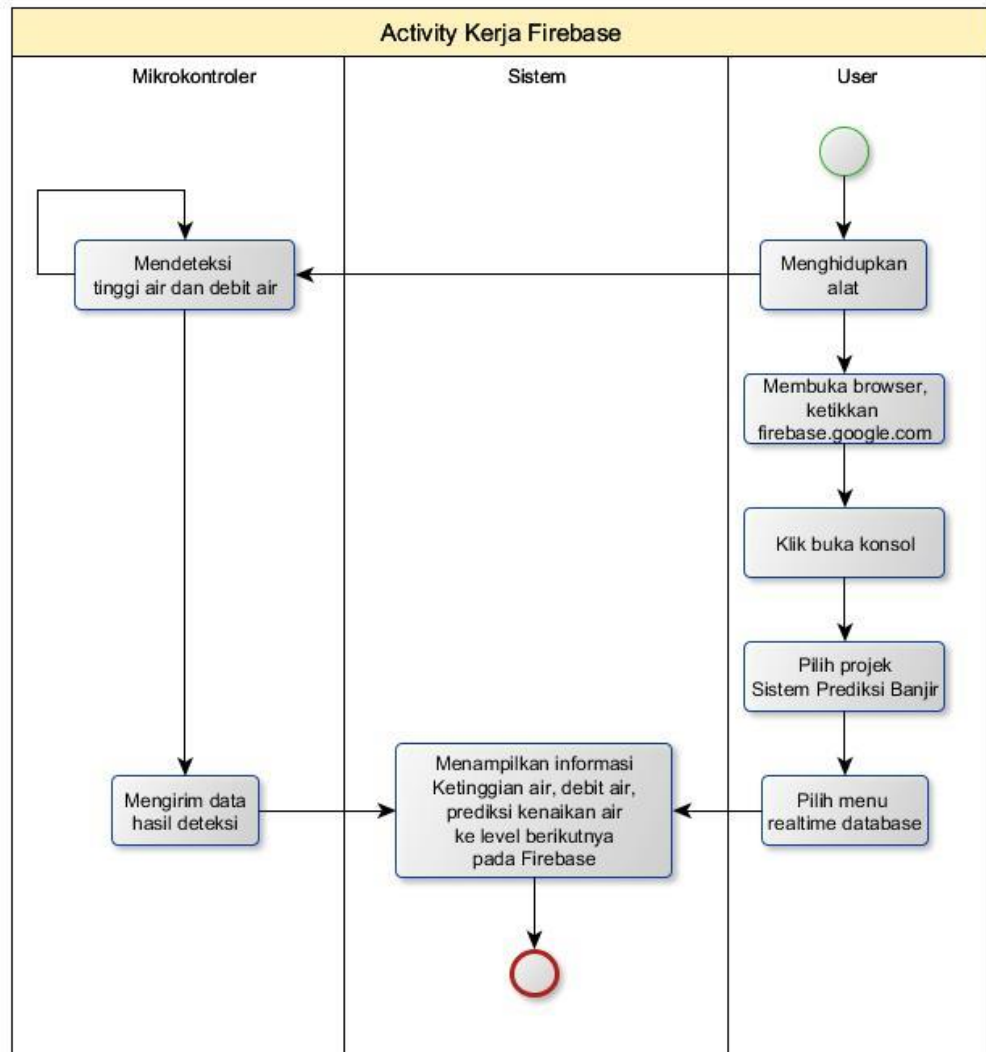


Gambar 3.9 Activity Diagram Kerja *Chatbot* Telegram

Berdasarkan Gambar 3.9, *activity* diagram dimulai pada saat pengguna menghidupkan alat, lalu mikrokontroler mendeteksi tinggi air dan debit air dan kemudian mengirimkan hasil deteksi yang nantinya akan ditampilkan oleh sistem ketika pengguna telah menekan tombol “start” pada bot Telegram. Pengguna kemudian membuka aplikasi Telegram. Selanjutnya, pengguna menekan tombol “start” pada bot “@SiprebanjirBot” untuk mengetahui informasi banjir, yaitu level ketinggian air, debit air, prediksi kenaikan air ke level berikutnya, dan status level air secara otomatis. Jika sudah menekan tombol “start”, maka secara otomatis sistem menampilkan informasi banjir melalui *Chatbot* Telegram “@SiprebanjirBot”.

5. Activity kerja Firebase

Activity diagram kerja Firebase dapat diketahui pada Gambar 3.10.



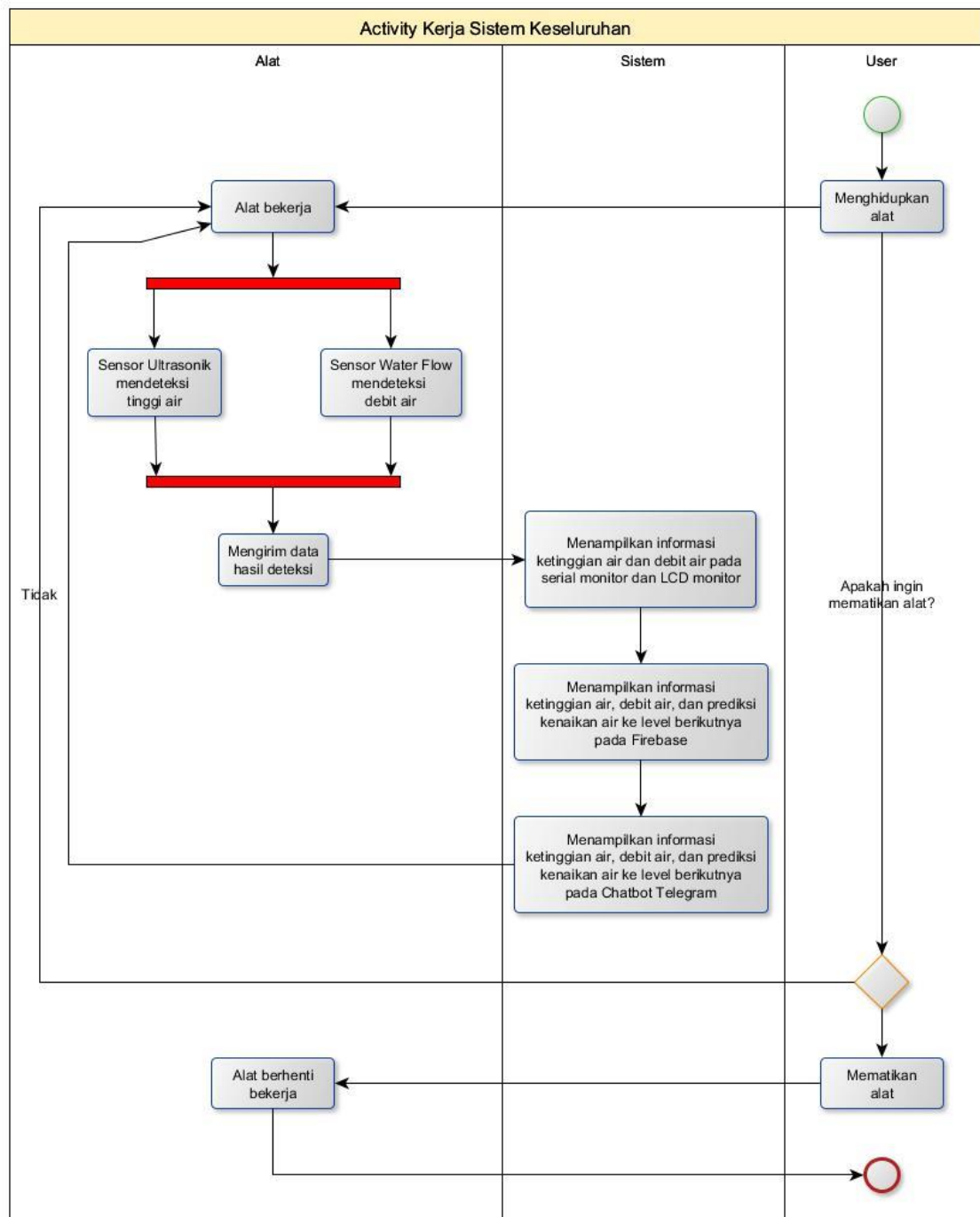
Gambar 3.10 Activity Diagram Kerja Firebase

Berdasarkan Gambar 3.10, activity diagram dimulai pada saat pengguna menghidupkan alat, lalu lalu mikrokontroler mendeteksi tinggi air dan debit air dan kemudian sistem mengirimkan hasil deteksi pada Firebase. Pengguna kemudian membuka *browser*, lalu mengetikkan “firebase.google.com”, lalu mengklik buka konsol, lalu memilih projek “Sistem Prediksi Banjir”. Selanjutnya, pilih menu, “*realtime database*”, maka sistem akan secara

otomatis menampilkan informasi ketinggian air, debit air, dan prediksi kenaikan air ke level berikutnya pada Firebase.

6. Activity kerja sistem keseluruhan

Activity diagram kerja sistem keseluruhan dapat diketahui pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Activity Diagram Kerja Sistem Keseluruhan

Berdasarkan Gambar 3.11, *activity* diagram dimulai pada saat pengguna menghidupkan alat, lalu alat bekerja dengan mendeteksi tinggi air dan debit air secara bersamaan kemudian alat mengirimkan data hasil deteksi menuju sistem. Sistem kemudian menampilkan informasi ketinggian air dan debit air pada serial monitor dan LCD monitor. Selanjutnya, sistem menampilkan informasi ketinggian air, debit air, dan prediksi kenaikan air ke level berikutnya pada Firebase, lalu sistem melakukan proses lagi untuk menampilkan informasi ketinggian air, debit air, dan prediksi kenaikan air ke level berikutnya pada *Chatbot* Telegram dengan kondisi tertentu. Ketika alat sedang bekerja, pengguna dapat mematikan alat atau tidak, jika tidak maka alat akan terus bekerja secara otomatis, jika ya maka alat akan berhenti bekerja.

3.4.4 Perancangan Logika *Fuzzy*

Pada penelitian ini ialah menggunakan konsep dari logika *fuzzy* dengan metode Sugeno yang diolah menggunakan *tools* MathLAB untuk membandingkan alat prediksi banjir dengan mengetahui nilai keluaran atau *output* ketinggian air dan debit air untuk mendapatkan hasil pengujian lebih akurat. Terdapat 4 tahapan pada perancangan logika *fuzzy* untuk prediksi level ketinggian air sungai [28]. Tahapan-tahapan tersebut di antaranya:

1. Fuzzifikasi

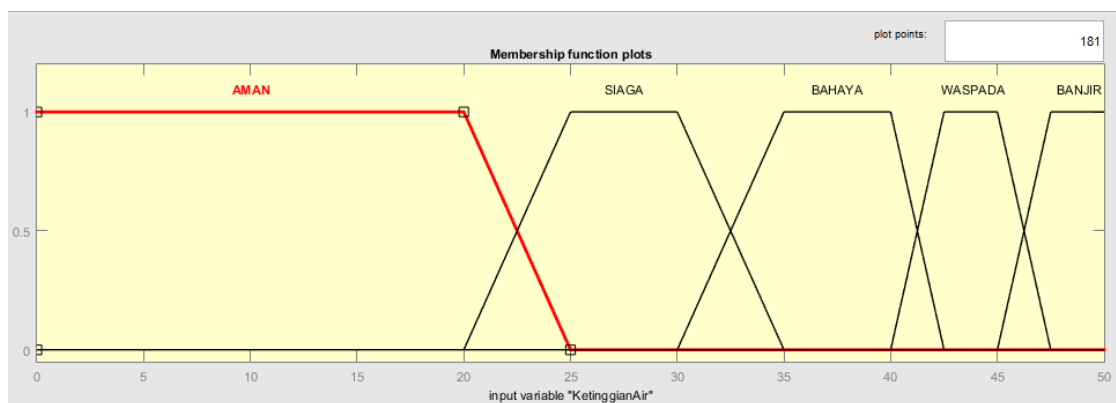
Pada tahap ini mengubah data masukan debit air dengan ketinggian pada wadah uji pemodelan sungai yang berbentuk tegas (*crisp*) menjadi bentuk variabel linguistik. Data ketinggian pemodelan sungai dapat diketahui pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Tahap Fuzzifikasi

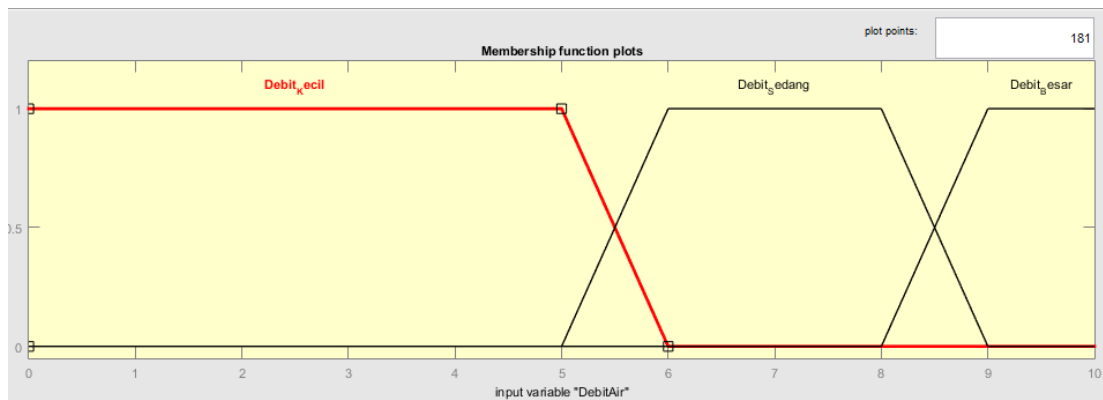
Variabel <i>Fuzzy</i>		Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy</i>	
Masukan	Ketinggian air pada wadah uji	Nilai Parameter (cm)	Nama Parameter
		0 – 20	Aman (A)
		20 – 30	Siaga (S)
		30 – 40	Bahaya (B)
		40 – 45	Waspada (W)
		45 – 50	Banjir (Ba)

	Debit air pada wadah uji	Nilai Parameter (liter/menit)	Nama Parameter
		0 – 5	Kecil (K)
		5 – 8	Sedang (S)
		8 – 10	Besar (Be)

Keanggotaan nilai *fuzzy* ketinggian air dapat diketahui pada Gambar 3.12 dan Keanggotaan nilai *fuzzy* debit air dapat diketahui pada Gambar 3.13.



Gambar 3.12 Keanggotaan Nilai *Fuzzy* Ketinggian Air



Gambar 3.13 Keanggotaan Nilai *Fuzzy* Debit Air

2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Tahap aplikasi fungsi implikasi, yaitu proses membentuk aturan atau *rule* yang dipakai untuk mengolah data *fuzzy*. Terdapat 2 masukan, yaitu ketinggian air dan debit air dengan ketinggian air sebanyak 5 buah variabel dan debit air sebanyak 3

buah variabel menghasilkan 15 buah variabel. Maka basis logika *fuzzy* menggunakan *rule* di antaranya sebagai berikut:

1. Ketinggian air Aman dan debit air Kecil
2. Ketinggian air Aman dan debit air Sedang
3. Ketinggian air Aman dan debit air Besar
4. Ketinggian air Siaga dan debit air Kecil
5. Ketinggian air Siaga dan debit air Sedang
6. Ketinggian air Siaga dan debit air Besar
7. Ketinggian air Bahaya dan debit air Kecil
8. Ketinggian air Bahaya dan debit air Sedang
9. Ketinggian air Bahaya dan debit air Besar
10. Ketinggian air Waspada dan debit air Kecil
11. Ketinggian air Waspada dan debit air Sedang
12. Ketinggian air Waspada dan debit air Besar
13. Ketinggian air Banjir dan debit air Kecil
14. Ketinggian air Banjir dan debit air Sedang
15. Ketinggian air Banjir dan debit air Besar

3. Agregasi

Tahap agregasi untuk mendapatkan hasil nilai keluaran atau *output* dari tiap *rule*. Logika *fuzzy* dengan selang nilai 0 sampai 1 menghasilkan 5 hasil keluaran [28]. Hasil keluaran pada sistem prediksi banjir, yaitu Informasi Aman, Informasi Siaga, Informasi Bahaya, dan Informasi Banjir yang memiliki nilai, yaitu:

1. Informasi Aman bernilai 0
2. Informasi Siaga bernilai 0.25
3. Informasi Bahaya bernilai 0.5
4. Informasi Waspada bernilai 0.75
5. Informasi Banjir bernilai 1

Pada suatu variabel dari ketinggian air masing-masing memiliki 2 hasil keluaran yang berbeda ketika dikalikan dengan variabel dari debit air, kecuali variabel banjir

yang hanya memiliki 1 hasil keluaran. Pada setiap variabel ketinggian air, kondisi suatu variabel ketinggian air saat itu berpotensi menghasilkan variabel ketinggian air selanjutnya, sehingga menghasilkan 27 aturan nilai *fuzzy* dari 2 masukan dengan 5 variabel ketinggian air dan 3 variabel debit air dapat diketahui pada Tabel 3.5 dan Gambar 3.14 dengan rincian aturan sebagai berikut:

1. Ketinggian air Aman dan debit air Kecil maka Informasi Aman
2. Ketinggian air Aman dan debit air Sedang maka Informasi Aman
3. Ketinggian air Aman dan debit air Besar maka Informasi Aman
4. Ketinggian air Aman dan debit air Kecil maka Informasi Siaga
5. Ketinggian air Aman dan debit air Sedang maka Informasi Siaga
6. Ketinggian air Aman dan debit air Besar maka Informasi Siaga
7. Ketinggian air Siaga dan debit air Kecil maka Informasi Siaga
8. Ketinggian air Siaga dan debit air Sedang maka Informasi Siaga
9. Ketinggian air Siaga dan debit air Besar maka Informasi Siaga
10. Ketinggian air Siaga dan debit air Kecil maka Informasi Bahaya
11. Ketinggian air Siaga dan debit air Sedang maka Informasi Bahaya
12. Ketinggian air Siaga dan debit air Besar maka Informasi Bahaya
13. Ketinggian air Bahaya dan debit air Kecil maka Informasi Bahaya
14. Ketinggian air Bahaya dan debit air Sedang maka Informasi Bahaya
15. Ketinggian air Bahaya dan debit air Besar maka Informasi Bahaya
16. Ketinggian air Bahaya dan debit air Kecil maka Informasi Waspada
17. Ketinggian air Bahaya dan debit air Sedang maka Informasi Waspada
18. Ketinggian air Bahaya dan debit air Besar maka Informasi Waspada
19. Ketinggian air Waspada dan debit air Kecil maka Informasi Waspada
20. Ketinggian air Waspada dan debit air Sedang maka Informasi Waspada
21. Ketinggian air Waspada dan debit air Besar maka Informasi Waspada
22. Ketinggian air Waspada dan debit air Kecil maka Informasi Banjir
23. Ketinggian air Waspada dan debit air Sedang maka Informasi Banjir
24. Ketinggian air Waspada dan debit air Besar maka Informasi Banjir
25. Ketinggian air Banjir dan debit air Kecil maka Informasi Banjir
26. Ketinggian air Banjir dan debit air Sedang maka Informasi Banjir
27. Ketinggian air Banjir dan debit air Besar maka Informasi Banjir

Tabel 3.5 Aturan *Fuzzy*

Aturan		Debit air		
		Kecil	Sedang	Besar
Ketinggian air	Aman	Informasi Aman/Siaga	Informasi Aman/Siaga	Informasi Aman/Siaga
	Siaga	Informasi Siaga/Bahaya	Informasi Siaga/Bahaya	Informasi Siaga/Bahaya
	Bahaya	Informasi Bahaya/Waspada	Informasi Bahaya/Waspada	Informasi Bahaya/Waspada
Ketinggian air	Waspada	Informasi Waspada/Banjir	Informasi Waspada/Banjir	Informasi Waspada/Banjir
	Banjir	Informasi Banjir	Informasi Banjir	Informasi Banjir

1. If (Ketinggian_Air is AMAN) and (Debit_Air is Debit_Kecil) then (Level_Air is Informasi_AMAN) (1)
2. If (Ketinggian_Air is AMAN) and (Debit_Air is Debit_Sedang) then (Level_Air is Informasi_AMAN) (1)
3. If (Ketinggian_Air is AMAN) and (Debit_Air is Debit_Besar) then (Level_Air is Informasi_AMAN) (1)
4. If (Ketinggian_Air is AMAN) and (Debit_Air is Debit_Kecil) then (Level_Air is Informasi_SIAGA) (1)
5. If (Ketinggian_Air is AMAN) and (Debit_Air is Debit_Sedang) then (Level_Air is Informasi_SIAGA) (1)
6. If (Ketinggian_Air is AMAN) and (Debit_Air is Debit_Besar) then (Level_Air is Informasi_SIAGA) (1)
7. If (Ketinggian_Air is SIAGA) and (Debit_Air is Debit_Kecil) then (Level_Air is Informasi_SIAGA) (1)
8. If (Ketinggian_Air is SIAGA) and (Debit_Air is Debit_Sedang) then (Level_Air is Informasi_SIAGA) (1)
9. If (Ketinggian_Air is SIAGA) and (Debit_Air is Debit_Besar) then (Level_Air is Informasi_SIAGA) (1)
10. If (Ketinggian_Air is SIAGA) and (Debit_Air is Debit_Kecil) then (Level_Air is Informasi_BAHAYA) (1)
11. If (Ketinggian_Air is SIAGA) and (Debit_Air is Debit_Sedang) then (Level_Air is Informasi_BAHAYA) (1)
12. If (Ketinggian_Air is SIAGA) and (Debit_Air is Debit_Besar) then (Level_Air is Informasi_BAHAYA) (1)
13. If (Ketinggian_Air is BAHAYA) and (Debit_Air is Debit_Kecil) then (Level_Air is Informasi_BAHAYA) (1)
14. If (Ketinggian_Air is BAHAYA) and (Debit_Air is Debit_Sedang) then (Level_Air is Informasi_BAHAYA) (1)
15. If (Ketinggian_Air is BAHAYA) and (Debit_Air is Debit_Besar) then (Level_Air is Informasi_BAHAYA) (1)
16. If (Ketinggian_Air is BAHAYA) and (Debit_Air is Debit_Kecil) then (Level_Air is Informasi_WASPADA) (1)
17. If (Ketinggian_Air is BAHAYA) and (Debit_Air is Debit_Sedang) then (Level_Air is Informasi_WASPADA) (1)
18. If (Ketinggian_Air is BAHAYA) and (Debit_Air is Debit_Besar) then (Level_Air is Informasi_WASPADA) (1)
19. If (Ketinggian_Air is WASPADA) and (Debit_Air is Debit_Kecil) then (Level_Air is Informasi_WASPADA) (1)
20. If (Ketinggian_Air is WASPADA) and (Debit_Air is Debit_Sedang) then (Level_Air is Informasi_WASPADA) (1)
21. If (Ketinggian_Air is WASPADA) and (Debit_Air is Debit_Besar) then (Level_Air is Informasi_WASPADA) (1)
22. If (Ketinggian_Air is WASPADA) and (Debit_Air is Debit_Kecil) then (Level_Air is Informasi_Banjir) (1)
23. If (Ketinggian_Air is WASPADA) and (Debit_Air is Debit_Sedang) then (Level_Air is Informasi_Banjir) (1)
24. If (Ketinggian_Air is WASPADA) and (Debit_Air is Debit_Besar) then (Level_Air is Informasi_Banjir) (1)
25. If (Ketinggian_Air is BANJIR) and (Debit_Air is Debit_Kecil) then (Level_Air is Informasi_Banjir) (1)
26. If (Ketinggian_Air is BANJIR) and (Debit_Air is Debit_Sedang) then (Level_Air is Informasi_Banjir) (1)
27. If (Ketinggian_Air is BANJIR) and (Debit_Air is Debit_Besar) then (Level_Air is Informasi_Banjir) (1)

Gambar 3.14 Aturan Nilai *Fuzzy*

4. Defuzzifikasi

Tahap defuzzifikasi merupakan proses untuk mendapatkan nilai *output crisp* (tegas). Pada tahap ini berfungsi untuk mencari nilai rata-ratanya, dengan menggunakan persamaan:

$$WA = \frac{\sum_{n=1}^4 a_n z_n}{\sum_{n=1}^4 a_n} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

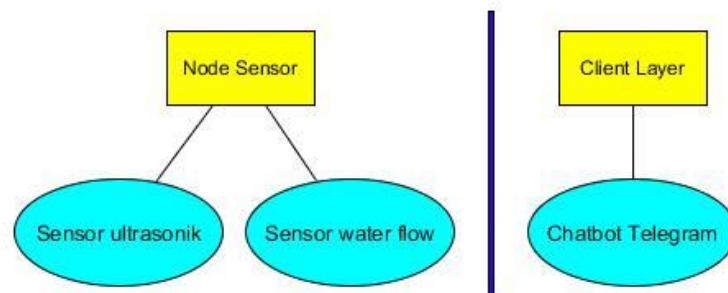
WA = Nilai rata – rata

a_n = Nilai predikat aturan ke – n

z_n = Indeks nilai output (konstanta) ke – n

3.4.5 Perancangan Basis Data Non Relasional

Struktur basis data non relasional berupa dokumen dengan format JSON. Format dari dokumen tersebut dapat diketahui pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Struktur Basis Data Non Relasional

Pada Gambar 3.15, terdapat 2 entitas yang tidak saling berhubungan, yaitu *node sensor* dan *client layer*.

3.4.6 Perancangan Prediksi Peningkatan Ketinggian Air

Perancangan prediksi peningkatan ketinggian air dipengaruhi oleh waktu intensitas air yang mengalir, maka untuk menghitung prediksi kenaikan air dengan

menggunakan rumus waktu intensitas air, yaitu dengan menggunakan turunan dari rumus debit air sebagai berikut:

$$W = \frac{V}{D} \quad (2)$$

Keterangan:

D = Debit air / laju air (Liter atau dm^3 /menit)

V = Lingkungan air / tempat air (Liter atau dm^3)

W = Waktu atau intensitas air (menit)

3.5 Rancangan Pengujian

Rancangan pengujian pada penelitian ini dilaksanakan dengan metode *black box*, yaitu pengujian hanya mengamati masukan dan keluaran dari hasil eksekusi dari suatu data uji.

3.5.1 Rancangan Pengujian Perangkat Keras

Rancangan pengujian perangkat keras bertujuan untuk menguji keakuratan sensor, konektivitas, dan fungsionalitas pada perangkat *monitoring* banjir otomatis. Data uji fungsional dapat diketahui pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Pengujian Perangkat Keras

No	Kelas Uji	Butir Uji	Indikator Keberhasilan
1.	Sensor Ultrasonik	Mengukur tinggi objek air untuk mengetahui level air pada wadah uji	Sensor dapat menampilkan status aman, siaga, dan bahaya berdasarkan pedoman level air yang digunakan pada LCD monitor.
		Menguji keakuratan sensor ultrasonik.	Sensor menghasilkan rata-rata deteksi dengan kesalahan ± 1 cm

No	Kelas Uji	Butir Uji	Indikator Keberhasilan
2.	Sensor <i>Water flow</i>	Mendeteksi debit aliran air yang masuk ke dalam wadah uji.	Melakukan pembacaan air yang masuk melalui selang yang dihubungkan pada sensor ketika air dialirkan.
		Menguji keakuratan sensor <i>water flow</i> .	Sensor dapat menghasilkan nilai hasil baca berupa liter per menit dengan kesalahan ± 0.5 liter/menit
3.	Perangkat Mikrokontroler secara otomatis membaca status air ketika difungsikan	Mengirimkan data tinggi air, debit air, dan status air pada serial monitor dan LCD Monitor.	Mengirimkan data tinggi air, debit air, dan status air pada serial monitor dan LCD Monitor pada saat perangkat difungsikan.

3.5.2 Rancangan Pengujian Perangkat Lunak

Pengujian perangkat lunak bertujuan untuk mengevaluasi fungsionalitas dan konektivitas antar perangkat dengan kode program pada Arduino IDE 1.8.10 sebagai pemrograman pada NodeMCU ESP8266 menggunakan bahasa C. Data uji dapat diketahui pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Pengujian Perangkat Lunak

No	Kelas Uji	Butir Uji	Indikator Keberhasilan
1.	Notifikasi informasi banjir	Mengirimkan notifikasi berupa <i>Chatbot</i> Telegram informasi banjir pada ponsel pengguna	Dapat menampilkan notifikasi setiap perubahan ketinggian air, debit air, status air, dan prediksi kenaikan air ke level berikutnya.

3.5.3 Rancangan Pengujian Logika *Fuzzy* Sugeno

Pengujian logika *fuzzy* Sugeno bertujuan untuk mengevaluasi fungsionalitas pada sistem prediksi banjir. Data uji logika *fuzzy* dapat diketahui pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Pengujian Logika *Fuzzy* Sugeno

No	Kelas Uji	Butir Uji	Indikator Keberhasilan
1.	Logika <i>Fuzzy</i> Sugeno	Menguji keakuratan data dengan membandingkan nilai <i>fuzzy</i> masukan dan keluaran yang sesuai pada MathLAB dengan pengujian alat secara langsung	Dapat menampilkan nilai <i>fuzzy</i> masukan dan keluaran yang sesuai pada MathLAB dengan pengujian alat secara langsung.

3.5.4 Rancangan Pengujian Basis Data Non Relasional

Pengujian basis data bertujuan untuk mengevaluasi fungsionalitas dan keefektifan penyimpanan. Data uji basis data dapat diketahui pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Pengujian Basis Data

No	Kelas Uji	Butir Uji	Indikator Keberhasilan
1.	Fungsionalitas Basis Data	Menyimpan data pada Firebase.	Menyimpan 1 data ketinggian air, debit air, dan prediksi kenaikan air ke level berikutnya tiap status level air berubah pada Firebase.

3.5.5 Rancangan Pengujian Prediksi Peningkatan Ketinggian Air

Rancangan pengujian prediksi peningkatan ketinggian air ini merupakan fungsi utama dari alat prediksi banjir ini, yaitu alat dapat memprediksi kenaikan level air ke level berikutnya hingga ke level banjir. Pada perancangan pengujian ini menggunakan rumus intensitas debit air untuk melakukan pengujiannya. Data uji dapat diketahui pada Tabel 3.10.

Tabel 3.10 Prediksi Peningkatan Ketinggian Air

No	Kelas Uji	Butir Uji	Indikator Keberhasilan
1.	Fungsionalitas prediksi kenaikan air.	Memprediksi data pada keluaran alat menuju <i>Chatbot</i> Telegram	Menampilkan 1 data prediksi air tiap ketinggian air berubah pada <i>Chatbot</i> Telegram.
		Memprediksi data pada keluaran alat menuju Firebase.	Menyimpan 1 data prediksi air tiap ketinggian air berubah pada Firebase.

BAB IV

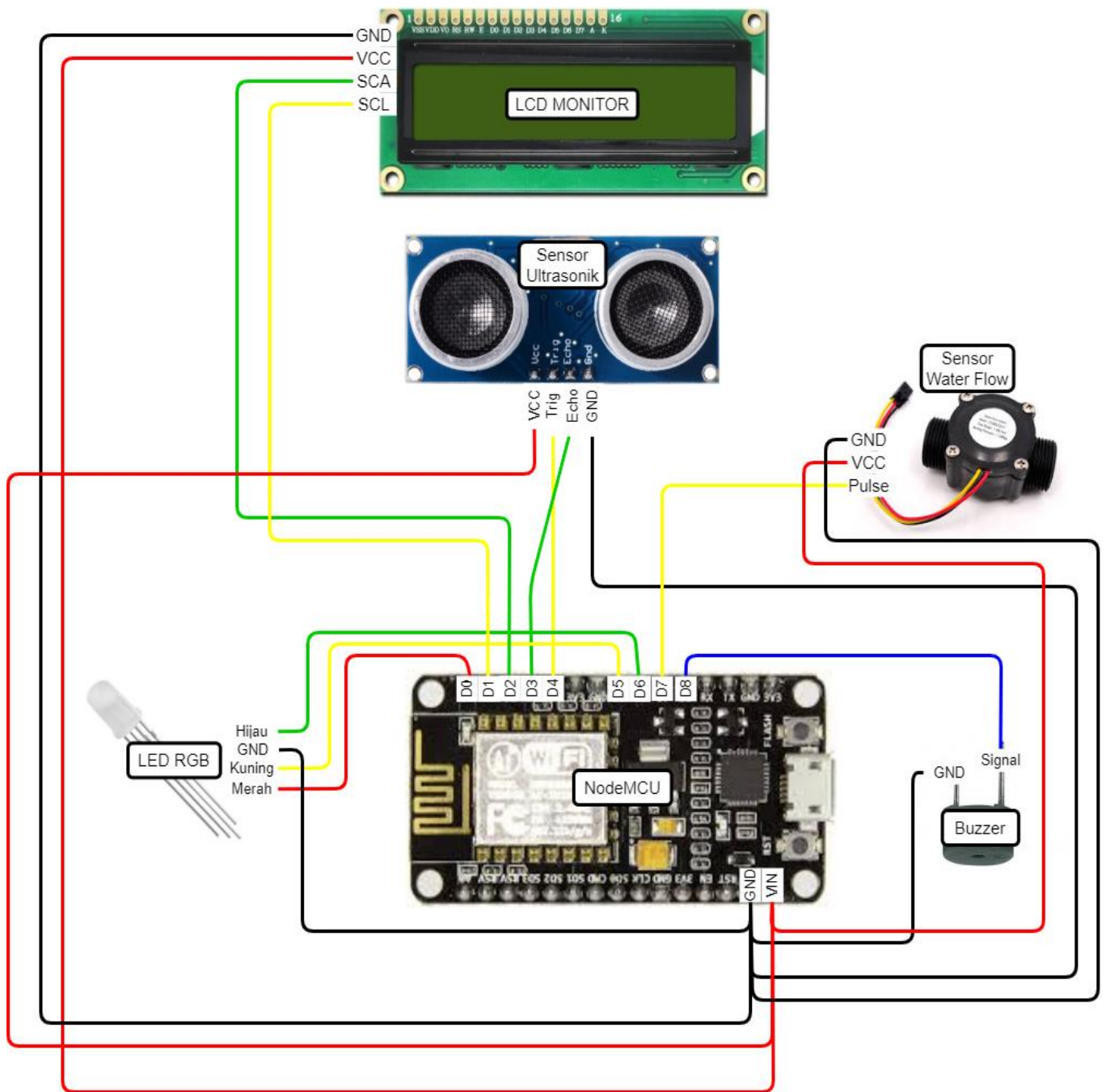
IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

4.1 Implementasi

Implementasi pada penelitian ini, yaitu dilakukannya Implementasi Perangkat Keras, Perangkat Lunak, Logika *Fuzzy* Sugeno, Basis Data Non Relasional, dan Pengujian Aktual dengan Pemodelan.

4.1.1 Implementasi Perangkat Keras

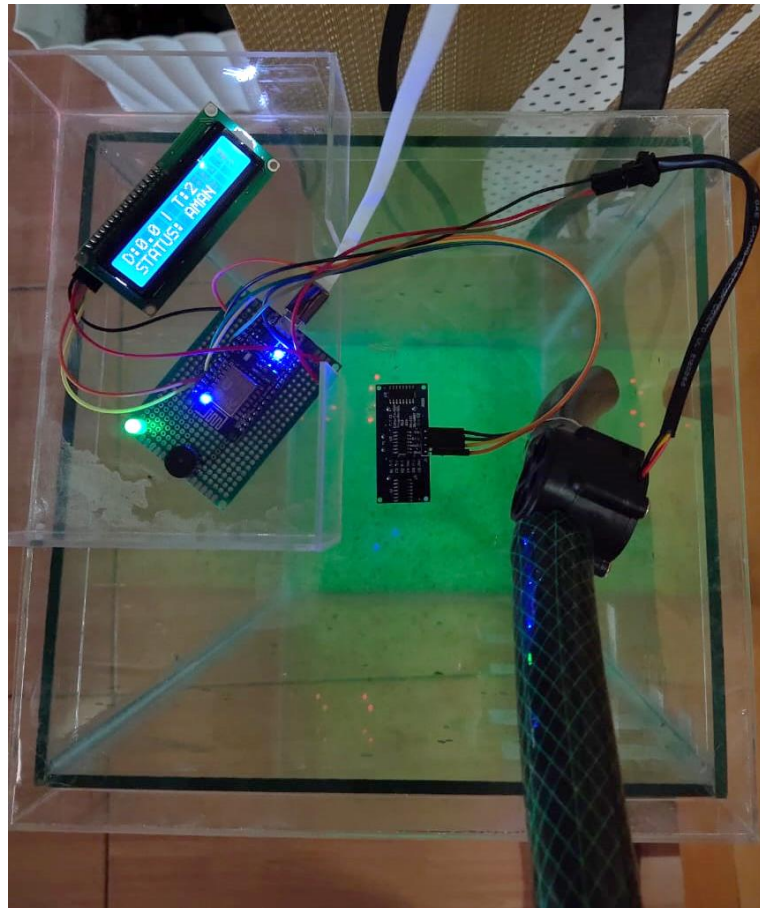
Pada penelitian ini perangkat keras yang dipakai terdapat pada Tabel 3.1. Rancangan alat prediksi banjir dapat diketahui pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Rancangan Alat Prediksi Banjir

Pada Gambar 4.1, pin D1 yakni kabel kuning untuk port SCL, pin D2 yakni kabel hijau untuk port SDA, pin Vin yakni kabel merah untuk VCC 5V dan pin GND yakni kabel hitam untuk GND pada LCD I2C 16x2. Pada pin D3 yakni kabel hijau untuk port ECHO, pin D4 yakni kabel kuning untuk port TRIG, pin Vin yakni kabel

merah untuk VCC 5V dan pin GND yakni kabel hitam untuk GND pada Sensor Ultrasonik. Pada pin D0 yakni kabel merah untuk katoda merah, D5 yakni kabel kuning untuk katoda hijau, D6 yakni kabel hijau untuk katoda biru, dan pin GND untuk anoda LED RGB. Pada pin D7 untuk *signal/pulse*, pin Vin yakni kabel merah untuk VCC 5V, dan pin GND yakni kabel hitam untuk GND pada Sensor *Water Flow*. Pada pin D8 untuk sinyal *Buzzer*. Hasil rancangan alat prediksi banjir dapat dilihat pada Gambar 4.2.1 dan Gambar 4.2.2.



Gambar 4.2.1 Perangkat Keras Tempat Alat Prediksi Banjir



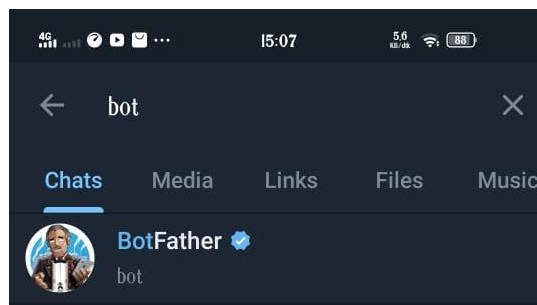
Gambar 4.2.2 Perangkat Keras Wadah Uji

Pada Gambar 4.2.1 terdapat alat prediksi banjir yang diletakkan di bagian atas dari wadah uji. Fungsi alat tersebut, yaitu pada mikrokontroler NodeMCU 8266 sebagai alat kontrol dan penyedia sinyal *Wi-Fi* untuk menerima hasil baca sensor ultrasonik dan sensor *water flow*. Sensor ultrasonik diletakkan di tengah penutup yang diberi lubang untuk membaca ketinggian air. Sensor *water flow* diletakkan di samping sensor ultrasonik yang juga telah diberi lubang untuk menyalurkan air dan membaca data debit air yang masuk melalui katup yang dihubungkan dari sumber air menuju sensor *water flow*. Ketika data ketinggian dan debit air terbaca, maka mikrokontroler akan menampilkan informasi data ketinggian air dan debit air pada LCD I2C 16*2, notifikasi *Chatbot* Telegram yang secara otomatis dikirimkan oleh alat tersebut, dan mengirimkan basis data secara *real-time* pada Firebase.

Pada Gambar 4.2.2 merupakan pemodelan sungai berupa wadah uji yang sudah diisi bebatuan kali dan tumbuhan palsu agar tampak mirip seperti sungai aslinya. Wadah uji digunakan untuk menampung air dan sebagai acuan pengukuran level ketinggian air yang akan digunakan ketika alat prediksi banjir bekerja.

4.1.2 Implementasi Perangkat Lunak

Pada penelitian ini, perangkat lunak yang digunakan ialah *Chatbot* Telegram. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 menyediakan sinyal *Wi-Fi* untuk mengakses perangkat lunak *Chatbot* Telegram pada ponsel pengguna. Berikut ini merupakan langkah-langkah dan hasil implementasi *Chatbot* Telegram pada ponsel pengguna dapat dilihat pada Gambar 4.3.1 sampai 4.3.7.



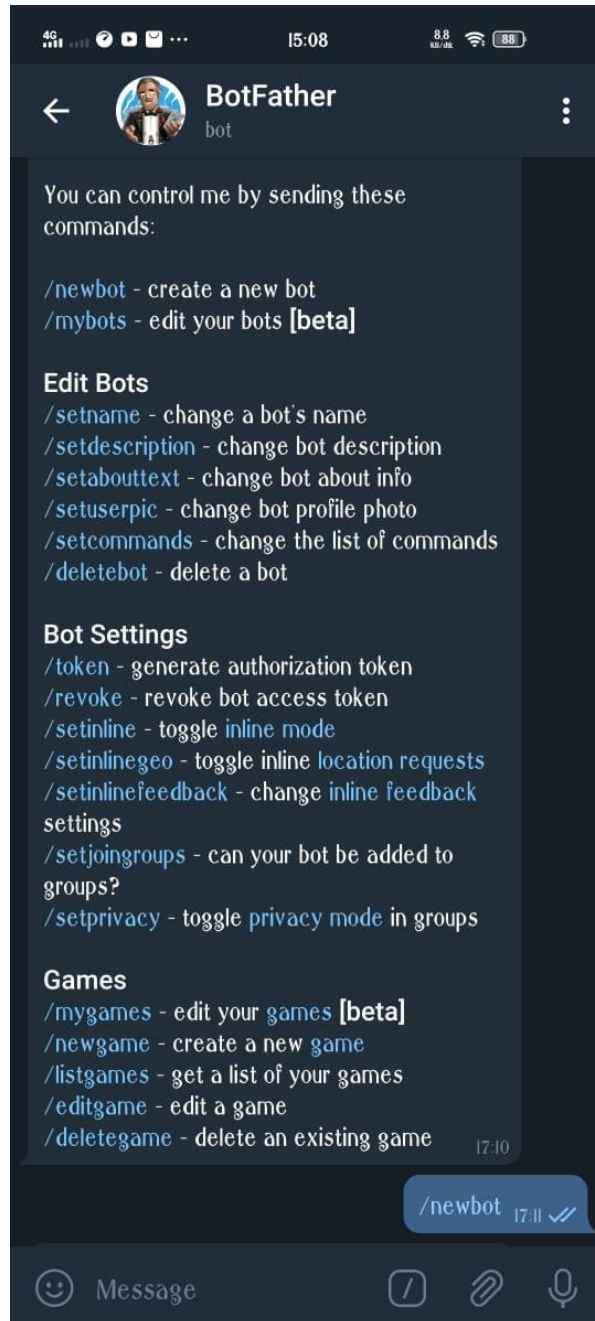
Gambar 4.3.1 Mencari BotFather

Pada Gambar 4.3.1 merupakan Langkah pertama membuat Chatbot Telegram Sistem Prediksi Banjir. Pada Langkah ini, penulis melakukan pencarian akun BotFather.



Gambar 4.3.2 Memulai BotFather

Pada Gambar 4.3.2, merupakan Langkah kedua, yaitu mengetikkan fungsi /start untuk memulai BotFather agar dapat difungsikan.



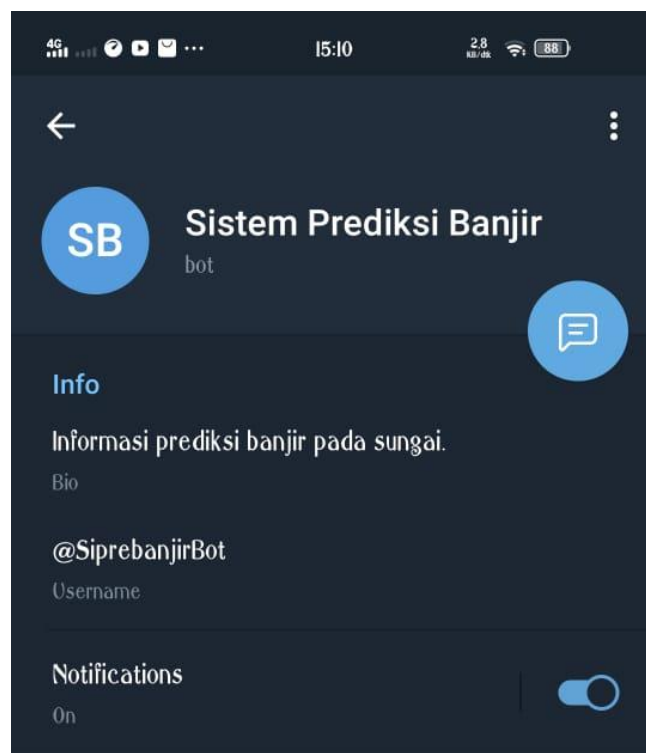
Gambar 4.3.3 Menu BotFather

Pada Gambar 4.3.3, merupakan daftar menu yang disediakan oleh BotFather. Pada kali ini, penulis mengetikkan fungsi `/newbot` untuk membuat bot baru.



Gambar 4.3.4 Membuat *Chatbot* Telegram Baru

Pada Gambar 4.3.4, merupakan Langkah selanjutnya, yaitu memberi nama bot yang penulis buat dengan nama Sistem Prediksi Banjir. Setelah itu membuat *username* baru dengan *username* SiprebanjirBot.



Gambar 4.3.5 Deskripsi *Chatbot* Sistem Prediksi Banjir

Pada Gambar 4.3.5, merupakan deskripsi dari *Chatbot* Telegram Sistem Prediksi Banjir yang telah dibuat.



Gambar 4.3.6 Memulai *Chatbot* Sistem Prediksi Banjir

Pada gambar 4.3.6, terdapat fungsi /start pada *Chatbot* Sistem Prediksi Banjir untuk memulai bot agar dapat digunakan.

4.1.3 Implementasi Logika *Fuzzy*

Pada penelitian ini, pemodelan logika fuzzy Sugeno sistem prediksi banjir menggunakan alat bantu atau *tools* MATLAB R2015a yang memiliki 2 masukan, yaitu ketinggian air dan debit air serta 1 keluaran, yaitu informasi ketinggian air yang dapat dilihat pada Tabel 4.1.

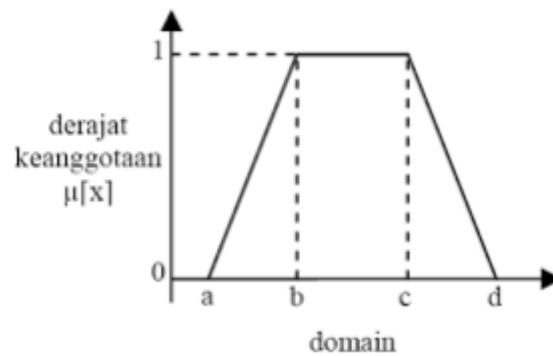
Tabel 4.1 Keanggotaan Variabel *Fuzzy*

Jenis	Variabel <i>fuzzy</i>	Definisi dan Nilai Parameter
Masukan	Sensor Ultrasonik	
	Ketinggian air (T)	Ketinggian air pada wadah uji (cm)
	Aman (A)	0 – 20
	Siaga (S)	20 – 30
	Bahaya (B)	30 – 40
	Waspada (W)	40 – 45
	Banjir (Ba)	45 – 50
	Sensor <i>Water Flow</i>	

Jenis	Variabel <i>fuzzy</i>	Definisi dan Nilai Parameter
	Debit air (D)	Debit air pada wadah uji (liter/menit)
	Kecil (K)	0 – 5
	Sedang (S)	5 - 8
	Besar (Be)	8 - 10
Keluaran	Alat Prediksi Banjir	
	Informasi Air	Kondisi Level Air (cm)
	Informasi Aman	Selang 0 – 20
	Informasi Siaga	Selang 20 – 30
	Informasi Bahaya	Selang 30 – 40
	Informasi Waspada	Selang 40 – 45 cm
	Informasi Banjir	Selang 45 – 50 cm

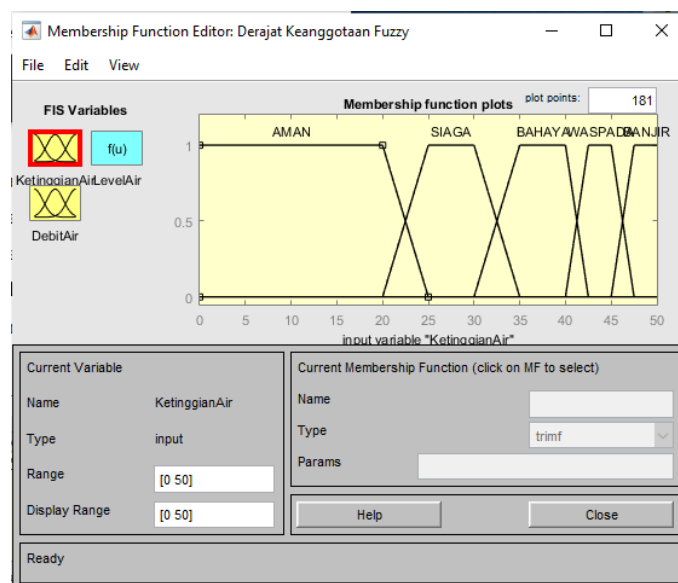
Pada Tabel 4.1 terdapat 2 nilai masukan, yaitu tinggi air dan debit air dan 1 nilai keluaran, yaitu informasi banjir. Nilai masukan tinggi air terdapat 5 variabel, yaitu level aman (0 – 20 cm), siaga (20 – 30 cm), bahaya (30 – 40 cm), waspada (40 – 45 cm), dan banjir (45 – 50 cm) serta nilai masukan debit air terdapat 3 variabel, yaitu kecil (0 – 5 liter/menit), sedang (5 – 8 liter/menit), dan besar (8 – 10 liter/menit). Nilai keluaran pada waktu pengujian alat terdapat 5 variabel, yaitu informasi aman (Selang 0 – 20 cm), informasi siaga (Selang 20 – 30 cm), informasi bahaya (Selang 30 – 40 cm), informasi waspada (Selang 40 – 45 cm), dan informasi banjir (Selang 45 – 50 cm). Implementasi keanggotaan variabel *fuzzy* menghasilkan himpunan keanggotaan *fuzzy* yang dapat dilihat pada Tabel 4.3.

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x - a)/(b - a), & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ (d - x)/(d - c), & c \leq x \leq d \end{cases} \quad (4)$$



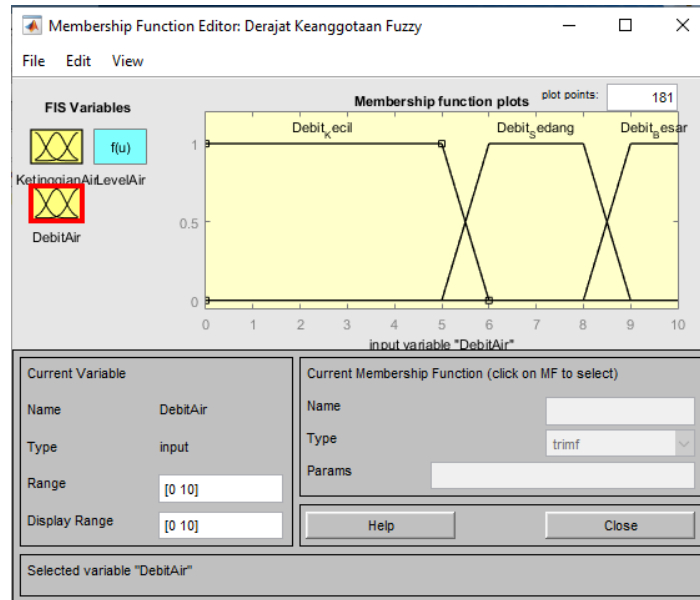
Gambar 4.4 Derajat Keanggotaan Trapesium [29]

Pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa pada garis a dan b memiliki nilai antara 0 sampai 1 derajat keanggotaannya, pada garis b dan c derajat keanggotaan bernilai 1, pada garis c dan d derajat keanggotaan bernilai antara 0 sampai 1, dan selain garis a, b, c, dan d derajat keanggotaan bernilai 0. Implementasi keanggotaan nilai *fuzzy* masukan ketinggian air yang memiliki 5 variabel, yaitu aman, siaga, bahaya, waspada, dan banjir dapat dilihat pada Gambar 4.5 dengan tipe nilai masukan trapmf (Trapezoidal membership function) atau tipe fungsi anggota berbentuk trapesium.



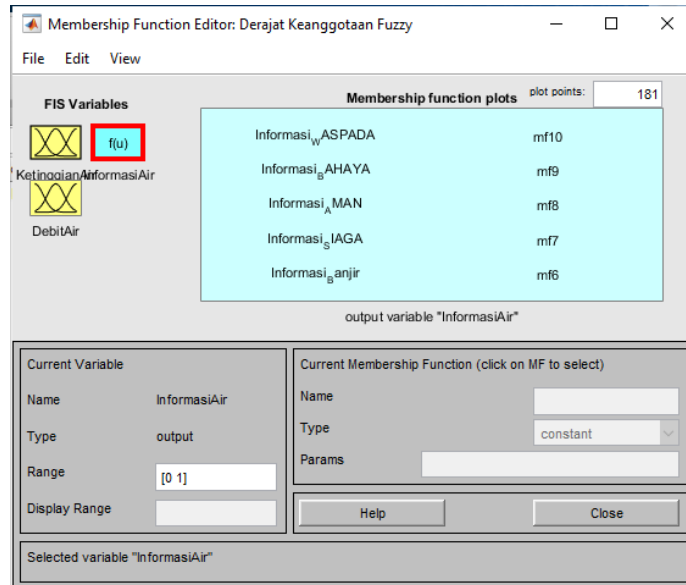
Gambar 4.5 Masukan Ketinggian Air

Implementasi keanggotaan nilai *fuzzy* masukan debit air yang memiliki 3 variabel, yaitu kecil, sedang, dan besar dapat dilihat pada Gambar 4.6 dengan tipe nilai masukan trapmf (Trapezoidal membership function) atau tipe fungsi anggota berbentuk trapesium.



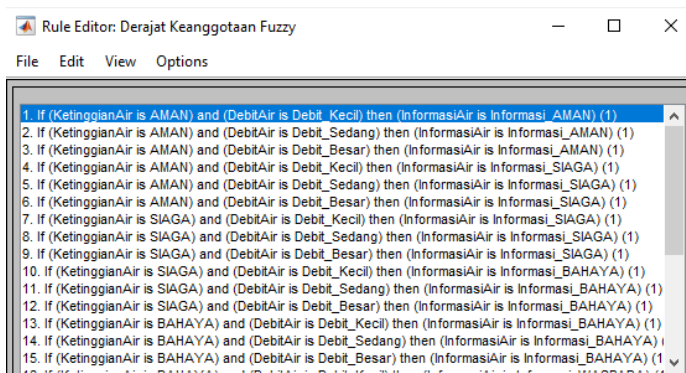
Gambar 4.6 Masukan Debit Air

Implementasi keanggotaan nilai fuzzy keluaran informasi air yang memiliki 5 variabel, yaitu informasi aman, informasi siaga, informasi bahaya, informasi waspada, dan informasi banjir dapat dilihat pada Gambar 4.7 dengan tipe nilai keluaran informasi banjir yang bertipe konstan, yaitu nilai data tetap.



Gambar 4.7 Keluaran Informasi Air

Pada penelitian ini logika *fuzzy* Sugeno memiliki 27 rules yang digunakan sebagai perhitungan nilai *fuzzy* yang merupakan hasil dari masing-masing masukan dari kondisi variabel masukan ketinggian air dan debit air. Implementasi 27 *rules* dapat diketahui pada Gambar 4.8.

Gambar 4.8.1 Rules Logika *Fuzzy*

16. If (KetinggianAir is BAHAYA) and (DebitAir is Debit_Kecil) then (InformasiAir is Informasi_WASPADA) (1)
 17. If (KetinggianAir is BAHAYA) and (DebitAir is Debit_Sedang) then (InformasiAir is Informasi_WASPADA) (1)
 18. If (KetinggianAir is BAHAYA) and (DebitAir is Debit_Besar) then (InformasiAir is Informasi_WASPADA) (1)
 19. If (KetinggianAir is WASPADA) and (DebitAir is Debit_Kecil) then (InformasiAir is Informasi_WASPADA) (1)
 20. If (KetinggianAir is WASPADA) and (DebitAir is Debit_Sedang) then (InformasiAir is Informasi_WASPADA) (1)
 21. If (KetinggianAir is WASPADA) and (DebitAir is Debit_Besar) then (InformasiAir is Informasi_WASPADA) (1)
 22. If (KetinggianAir is WASPADA) and (DebitAir is Debit_Kecil) then (InformasiAir is Informasi_Banjir) (1)
 23. If (KetinggianAir is WASPADA) and (DebitAir is Debit_Sedang) then (InformasiAir is Informasi_Banjir) (1)
 24. If (KetinggianAir is WASPADA) and (DebitAir is Debit_Besar) then (InformasiAir is Informasi_Banjir) (1)
 25. If (KetinggianAir is BANJIR) and (DebitAir is Debit_Kecil) then (InformasiAir is Informasi_Banjir) (1)
 26. If (KetinggianAir is BANJIR) and (DebitAir is Debit_Sedang) then (InformasiAir is Informasi_Banjir) (1)
 27. If (KetinggianAir is BANJIR) and (DebitAir is Debit_Besar) then (InformasiAir is Informasi_Banjir) (1)

If	and	Then
KetinggianAir is	DebitAir is	InformasiAir is
AMAN SIAGA BAHAYA WASPADA BANJIR none	Debit_Kecil Debit_Sedang Debit_Besar none	Informasi_Banjir Informasi_SIAGA Informasi_AMAN Informasi_BAHAYA Informasi_WASPADA mf6 mf7 mf8
<input type="checkbox"/> not	<input type="checkbox"/> not	<input type="checkbox"/> not
Connection: <input type="radio"/> or <input checked="" type="radio"/> and		
Weight: 1		
Delete rule Add rule Change rule		

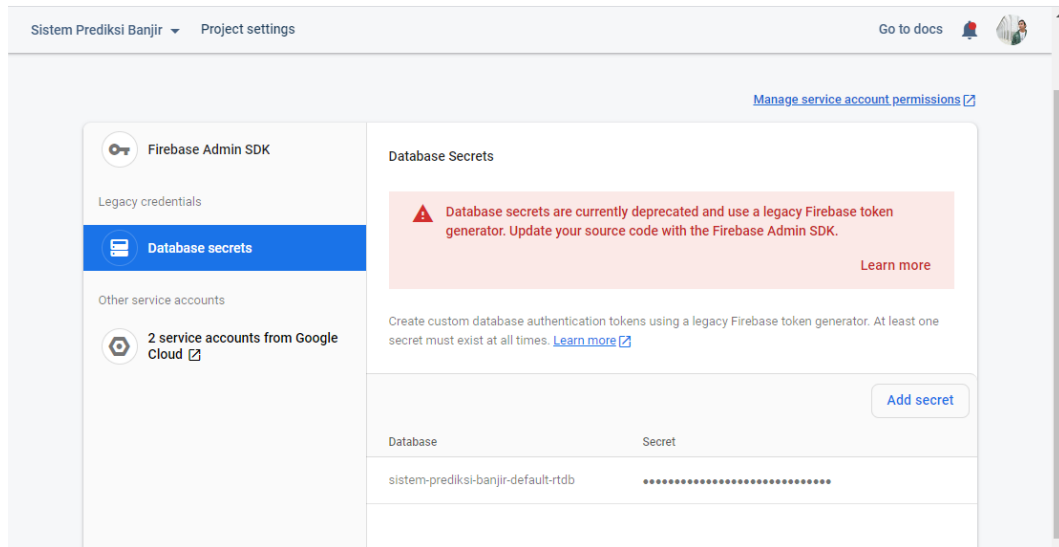
FIS Name: Derajat Keanggotaan Fuzzy

Help Close

Gambar 4.8.2 Rules Logika *Fuzzy* (lanjutan)

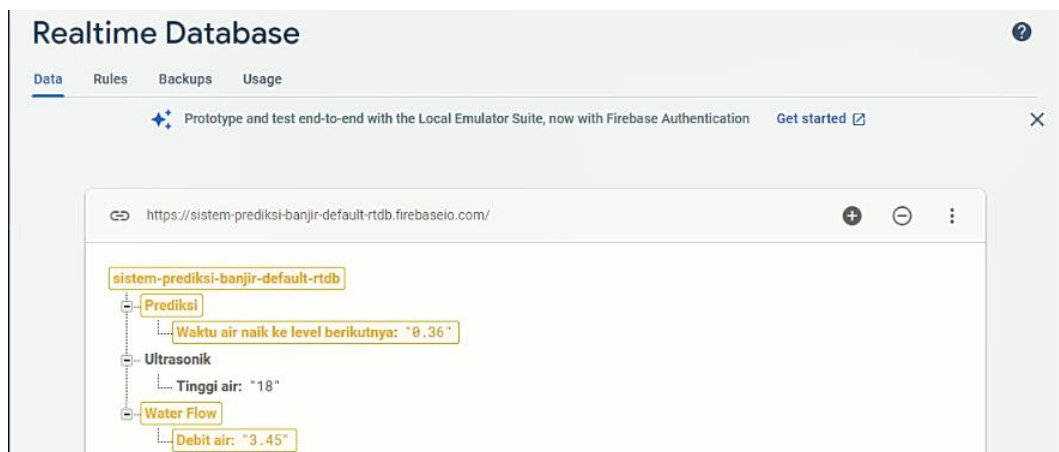
4.1.4 Implementasi Basis Data Non Relasional

Penelitian ini menggunakan platform Firebase untuk menyimpan basis data non rasional secara *realtime* yang bersifat *online*. Untuk dapat mengakses Firebase, membutuhkan token autentikasi pada menu Akun Layanan pada situs Firebase. Pada bagian *database secrets* atau rahasia basis data yang digunakan untuk mengakses dari mikrokontroler ke Firebase. Token rahasia dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Token Autentikasi *Database*

Hasil pengiriman data deteksi alat prediksi banjir pada Firebase yang terdiri dari data prediksi waktu air meningkat ke level berikutnya, ketinggian air dan debit air dapat diketahui pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Struktur *Realtime Database*

4.1.5 Implementasi Prediksi Peningkatan Ketinggian Air

Penerapan prediksi peningkatan ketinggian air pada penelitian ini menggunakan pemrograman Arduino IDE dengan rumus waktu intensitas air yang sudah

dimodifikasi menyesuaikan kebutuhan dari alat yang digunakan. Penerapan perhitungan prediksi banjir dapat dilihat pada Gambar 4.11.

```

359 | wkt = (25*25*(20-tinggi))/air/1000;
372 | wkt = (25*25*(30-tinggi))/air/1000;
385 | wkt = (25*25*(40-tinggi))/air/1000;
398 | wkt = (25*25*(45-tinggi))/air/1000;
411 | wkt = (25*25*(50-tinggi))/air/1000;

```

Gambar 4.11 Penerapan Prediksi Banjir

Pada Gambar 4.11 merupakan perhitungan prediksi banjir pada saat memprediksi kenaikan air pada level aman menuju level siaga, siaga menuju level bahaya, bahaya menuju level waspada, waspada menuju level banjir. Perhitungan ini diterapkan pada setiap levelnya dari 5 penerapan prediksi pada 5 level ketinggian air, yaitu selang aman ke siaga 20 cm, selang siaga ke bahaya 10 cm, selang bahaya ke waspada 10 cm, selang waspada ke banjir 5 cm, dan banjir memiliki selang 5 cm dari tinggi wadah uji.

4.2 Pengujian

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode *black box*, yaitu pengujian hanya dengan mengamati masukan dan keluaran dari hasil eksekusi dari suatu data uji.

4.2.1 Pengujian Perangkat Keras

Pengujian pada perangkat keras, memiliki 3 butir pengujian yaitu sebagai berikut :

4.2.1.1 Sensor Ultrasonik

Pada pengujian sensor ultrasonik memiliki 2 butir pengujian, yaitu mengukur tinggi objek air untuk mengetahui tinggi air pada wadah uji dan menguji keakuratan sensor ultrasonik.

1. Mengukur tinggi objek air untuk mengetahui level air pada wadah uji

Pada pengujian pengukuran tinggi air menggunakan sensor ultrasonik dengan indikator keberhasilan sensor dapat menampilkan level air pada LCD Monitor.

Alat prediksi banjir diletakkan pada bagian atas dari wadah uji dengan memberi lubang untuk sensor ultrasonik agar dapat mendeteksi tinggi permukaan air. Pengambilan data ini dengan memanfaatkan ketinggian permukaan air yang ada pada wadah uji. Berikut hasil dari pemantauan sensor ultrasonik pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pengujian Sensor Ultrasonik

No	Data Pengujian	Nilai Sensor Ultrasonik (centimeter/cm)
1.	Pengambilan data ke-1	20
2.	Pengambilan data ke-2	22
3.	Pengambilan data ke-3	24
4.	Pengambilan data ke-4	27
5.	Pengambilan data ke-5	31
6.	Pengambilan data ke-6	12
7.	Pengambilan data ke-7	13
8.	Pengambilan data ke-8	13
9.	Pengambilan data ke-9	14
10.	Pengambilan data ke-10	15
11.	Pengambilan data ke-11	16
12.	Pengambilan data ke-12	17
13.	Pengambilan data ke-13	18
14.	Pengambilan data ke-14	19
15.	Pengambilan data ke-15	20
16.	Pengambilan data ke-16	21
17.	Pengambilan data ke-17	22
18.	Pengambilan data ke-18	24
19.	Pengambilan data ke-19	25
20.	Pengambilan data ke-20	27
21.	Pengambilan data ke-21	28

22.	Pengambilan data ke-22	30
23.	Pengambilan data ke-23	31
24.	Pengambilan data ke-24	32
25.	Pengambilan data ke-25	34
26.	Pengambilan data ke-26	35
27.	Pengambilan data ke-27	37
28.	Pengambilan data ke-28	39
29.	Pengambilan data ke-29	41
30.	Pengambilan data ke-30	44

Dari Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa terdapat 30 pengambilan data pengujian [30] sensor ultrasonik dengan nilai sensor ultrasonik yang berbeda-beda.

2. Menguji keakuratan sensor ultrasonik

Pada pengujian keakuratan sensor ultrasonik dibandingkan dengan penggaris ukur yang dapat dilihat pada Tabel 4.3. Berikut hasil perbandingan sensor ultrasonik dan penggaris ukur.

Tabel 4.3 Pengujian Keakuratan Sensor Ultrasonik

No	Data pengujian	Nilai Sensor		Selisih <i>Error</i>		Persentase Keakuratan Alat (%)
		Ultrasonik (centimeter/cm)	Penggaris (centimeter/cm)	Centimeter (cm)	Persentase (%)	
1.	Pengujian ke-1	20	± 18.5	± 1.5	8.1	91.89
2.	Pengujian ke-2	22	± 21	± 1	4.76	95.24
3.	Pengujian ke-3	24	± 23.8	± 0.2	0.84	99.16
4.	Pengujian ke-4	27	± 26.7	± 0.3	1.12	98.88
5.	Pengujian ke-5	31	± 30	± 1	3.33	96.67
6.	Pengujian ke-6	12	± 9.9	± 2.1	21.21	78.79

No	Data pengujian	Nilai Sensor		Selisih <i>Error</i>		Persentase Keakuratan Alat (%)
		Ultrasonik (centimeter/cm)	Penggaris (centimeter/cm)	Centimeter (cm)	Persentase (%)	
7.	Pengujian ke-7	13	± 10.9	± 2.1	19.27	80.73
8.	Pengujian ke-8	13	± 11.6	± 1.4	12.07	87.93
9.	Pengujian ke-9	14	± 12.2	± 1.8	14.74	85.25
10.	Pengujian ke-10	14	± 13	± 1	7.69	92.31
11.	Pengujian ke-11	15	± 13.6	± 1.4	10.29	89.71
12.	Pengujian ke-12	16	± 14.3	± 1.7	11.89	88.11
13.	Pengujian ke-13	17	± 15.2	± 1.8	11.84	88.16
14.	Pengujian ke-14	18	± 15.9	± 2.1	13.24	86.79
15.	Pengujian ke-15	18	± 16.9	± 1.1	6.51	93.49
16.	Pengujian ke-16	19	± 17.4	± 1.6	9.20	90.80
17.	Pengujian ke-17	20	± 18.4	± 1.6	8.70	91.30
18.	Pengujian ke-18	21	± 19.3	± 1.7	8.81	91.19
19.	Pengujian ke-19	22	± 20.4	± 1.6	7.84	92.16
20.	Pengujian ke-20	22	± 21.2	± 0.8	3.77	96.23
21.	Pengujian ke-21	24	± 22.6	± 1.4	6.19	93.81
22.	Pengujian ke-22	25	± 23.5	± 1.5	6.38	93.62
23.	Pengujian ke-23	27	± 25	± 2	8	92

No	Data pengujian	Nilai Sensor		Selisih <i>Error</i>		Persentase Keakuratan Alat (%)
		Ultrasonik (centimeter/cm)	Penggaris (centimeter/cm)	Centimeter (cm)	Persentase (%)	
24.	Pengujian ke-24	28	± 26.5	± 1.5	5.66	94.34
25.	Pengujian ke-25	30	± 28.2	± 1.8	6.38	93.62
26.	Pengujian ke-26	31	± 29.8	± 1.2	4.03	95.97
27.	Pengujian ke-27	32	± 31.4	± 0.6	1.91	98.09
28.	Pengujian ke-28	34	± 33.2	± 0.8	2.41	97.59
29.	Pengujian ke-29	35	± 34.5	± 0.5	1.45	98.55
30.	Pengujian ke-30	37	± 36.4	± 0.6	1.65	98.35
Rata-rata = $\frac{\text{Total Selisih Error}}{\text{Banyak Selisih Error}}$				± 1.32	7.64	92.36

Pada Tabel 4.3 pengujian keakuratan sensor ultrasonik terdapat 30 sampel pengujian [30] untuk menguji keakuratan nilai baca data alat dengan menggunakan penggaris, sehingga dihasilkan rata-rata selisih error sebesar ± 1.32 cm atau 7.64% dan keakuratan alat sebesar 92.36%.

4.2.1.2 Sensor *Water Flow*

Pada pengujian sensor *water flow* memiliki 2 butir pengujian, yaitu mendeteksi debit aliran air yang masuk ke dalam wadah uji dan menguji keakuratan sensor *water flow*.

1. Mendeteksi debit aliran air yang masuk ke dalam wadah uji

Pada pengujian debit air menggunakan sensor *water flow*. Pengambilan data dilakukan dengan indikator keberhasilan, yaitu dapat melakukan pembacaan air yang masuk melalui selang yang dihubungkan pada sensor ketika air dialirkan.

Alat prediksi banjir diletakkan pada bagian atas dari wadah uji dengan memberi lubang untuk sensor *water flow* agar dapat menyalurkan air dari sumber air menuju wadah uji dengan menggunakan selang yang dipasangkan pada sumber air menuju katup pada sensor *water flow*. Katup berfungsi membaca debit air yang masuk melalui sensor *water flow*. Kemudian pengujian dilakukan dengan membuka keran air dengan air yang sudah ditampung pada tempat penampung air (tower). Selanjutnya, keran dibuka dengan ukuran tuas 45 derajat selama 30 detik. Hasil pengujian sensor *water flow* dapat diketahui pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengujian Sensor *Water Flow*

No	Data pengujian	Nilai Sensor <i>Waterflow</i> (Liter/menit)	Durasi (detik)
1.	Pengujian ke-1	3.22	30
		3.12	
		3.26	
		3.34	
2.	Pengujian ke-2	2..38	30
		1.89	
		1.79	
		1.83	
		1.88	
3.	Pengujian ke-3	1.98	30
		2.13	
		1.83	
		1.74	
		1.44	
4.	Pengujian ke-4	0.71	30
		1.02	
		0.88	
		0.80	
		0.78	
		0.93	
5.	Pengujian ke-5	1.1	30

No	Data pengujian	Nilai Sensor <i>Waterflow</i> (Liter/menit)	Durasi (detik)
		1.02	
		1.19	
		1.35	
		1.24	
		1.51	
6.	Pengujian ke-6	0.89	30
		0.84	
		0.88	
		0.67	
		0.71	
		0.66	
7.	Pengujian ke-7	0.53	30
		0.54	
		0.57	
8.	Pengujian ke-8	1.86	30
		1.56	
		1.84	
		1.75	
		1.98	
		2.06	
		1.86	
9.	Pengujian ke-9	2.23	30
		3.07	
		2.91	
		2.96	
		2.73	
		2.88	
		2.91	
10.	Pengujian ke-10	1.66	30
		1.49	
		1.56	
		1.55	

No	Data pengujian	Nilai Sensor <i>Waterflow</i> (Liter/menit)	Durasi (detik)
		1.49	
11.	Pengujian ke-11	1.57	30
		1.64	
12.	Pengujian ke-12	0.64	30
		0.62	
13.	Pengujian ke-13	1.09	30
		0.91	
		0.75	
14.	Pengujian ke-14	1.79	30
		1.53	
		1.49	
		1.47	
		1	
15.	Pengujian ke-15	1.37	30
		1.19	
		1.05	
		0.94	
		0.91	
		0.97	
16.	Pengujian ke-16	3.06	30
		3.05	
		2.80	
		2.90	
		2.85	
		2.87	
17.	Pengujian ke-17	3.49	30
		1.25	
		1.23	
		1.15	
		1.14	
		1.60	
		1.56	

No	Data pengujian	Nilai Sensor <i>Waterflow</i> (Liter/menit)	Durasi (detik)
18.	Pengujian ke-18	0.27	30
		0.93	
		1.37	
		1.23	
19.	Pengujian ke-19	1.31	30
		1.22	
		1.1	
20.	Pengujian ke-20	0.66	30
		0.85	
21.	Pengujian ke-21	3.30	30
		1.76	
		1.58	
22.	Pengujian ke-22	1.09	30
		1.09	
23.	Pengujian ke-23	1.68	30
24.	Pengujian ke-24	2.38	30
25.	Pengujian ke-25	1.60	30
26.	Pengujian ke-26	1.54	30
27.	Pengujian ke-27	0.86	30
28.	Pengujian ke-28	2.09	30
		1.66	
29.	Pengujian ke-29	1.85	30
		1.85	
30.	Pengujian ke-30	2.06	30
		1.43	

Dari Tabel 4.4 dapat diketahui bahwa terdapat 30 sampel pengujian [30] dengan nilai sensor *water flow* yang berbeda-beda dengan tuas keran air yang dibuka 45 derajat selama 30 detik.

2. Menguji keakuratan sensor *water flow*

Pada pengujian keakuratan sensor *water flow* dengan membandingkan selisih baca data debit air dari sumber air (keran air) dengan tuas keran air yang dibuka 45 derajat selama 30 detik yang dapat diketahui pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Pengujian Keakuratan Sensor *Water Flow*

No	Data pengujian	Durasi (detik)	Debit air (Liter/menit)	Selisih <i>Error</i>		Persentase Keakuratan Alat (%)
				Liter/menit	Persentase (%)	
1.	Pengujian ke-1	30	3.22	0.1	3.2	96.80
			3.12			
			3.12	0.14	4.29	95.71
			3.26			
			3.26	0.08	2.39	97.61
			3.34			
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0.1	3.29	96.71
2.	Pengujian ke-2	30	2.38	1.49	78.38	21.62
			1.89			
			1.89	0.1	5.58	94.42
			1.79			
			1.79	0.04	2.18	97.82
			1.83			
			1.83	0.05	2.65	97.35
			1.88			
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0.42	22.19	77.81
3.	Pengujian ke-3	30	1.98	0.15	7.04	92.96
			2.13			
			2.13	0.3	16.39	83.61
			1.83			
			1.83	0.09	5.17	94.83
			1.74			
			1.74	0.3	20.83	79.17
			1.44			
Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0.21	12.36	87.64	
4.	Pengujian ke-4	30	0.71	0.31	30.39	69.61

No	Data pengujian	Durasi (detik)	Debit air (Liter/menit)	Selisih <i>Error</i>		Persentase Keakuratan Alat (%)
				Liter/menit	Persentase (%)	
			1.02			84.09
			1.02	0.14	15.91	
			0.88			
			0.88	0.08	10	90
			0.80			
			0.80	0.02	2.56	97.44
			0.78			
			0.78	0.15	16.13	83.87
			0.93			
				Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$		
5.	Pengujian ke-5	30	1.1	0.08	7.84	92.16
			1.02			
			1.02	0.17	14.29	85.71
			1.19			
			1.19	0.16	11.85	88.15
			1.35			
			1.35	0.11	8.87	91.13
			1.24			
			1.24	0.27	17.88	82.12
			1.51			
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0.16	12.55	87.85
6.	Pengujian ke-6	30	0.89	0.05	5.95	94.05
			0.84			
			0.84	0.04	4.55	95.45
			0.88			
			0.88	0.21	31.34	68.66
			0.67			
			0.67	0.04	5.63	94.37
			0.71			
			0.71	0.05	7.58	92.42
			0.66			
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0.08	11.01	88.99
7.	Pengujian ke-7	30	0.53	0.01	1.85	98.15

No	Data pengujian	Durasi (detik)	Debit air (Liter/menit)	Selisih <i>Error</i>		Persentase Keakuratan Alat (%)
				Liter/menit	Persentase (%)	
			0.54			
			0.54	0.03	5.26	94.74
			0.57			
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0.02	3.56	96.44
8.	Pengujian ke-8	30	1.86	0.3	19.23	80.77
			1.56			
			1.56	0.28	15.22	84.78
			1.84			
			1.84	0.09	5.14	94.86
			1.75			
			1.75	0.23	11.62	88.38
			1.98			
			1.98	0.08	3.88	96.12
			2.06			
			2.06	0.2	10.75	89.25
			1.86			
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0.20	10.97	89.03
9.	Pengujian ke-9	30	2.23	0.84	27.36	72.64
			3.07			
			3.07	0.16	5.50	94.50
			2.91			
			2.91	0.05	1.69	98.31
			2.96			
			2.96	0.23	8.42	91.58
			2.73			
			2.73	0.15	5.21	94.79
			2.88			
			2.88	0.03	1.03	98.97
			2.91			
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0.24	8.20	91.80
10.	Pengujian ke-10	30	1.66	0.17	11.41	88.59
			1.49			
			1.49	0.07	4.49	95.51

No	Data pengujian	Durasi (detik)	Debit air (Liter/menit)	Selisih <i>Error</i>		Persentase Keakuratan Alat (%)
				Liter/menit	Persentase (%)	
			1.56			
			1.56	0.01	0.65	99.35
			1.55			
			1.55	0.06	4.03	95.97
			1.49			
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0.08	5.14	94.86
11.	Pengujian ke-11	30	1.57	0.07	4.27	95.73
			1.64			
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0.07	4.27	95.73
12.	Pengujian ke-12	30	0.64	0.02	3.23	96.77
			0.62			
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0.02	3.23	96.77
13.	Pengujian ke-13	30	1.09	0.18	19.78	80.22
			0.91			
			0.91	0.16	21.33	78.67
			0.75			
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0.17	20.56	79.44
14.	Pengujian ke-14	30	1.79	0.26	16.99	83.01
			1.53			
			1.53	0.04	2.68	97.32
			1.49			
			1.49	0.02	1.36	98.64
			1.47			
			1.47	0.47	47	53
			1			
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0.20	17.01	82.99
15.	Pengujian ke-15	30	1.37	0.18	15.13	84.87
			1.19			
			1.19	0.14	13.33	86.67
			1.05			
			1.05	0.11	11.70	88.30
			0.94			

No	Data pengujian	Durasi (detik)	Debit air (Liter/menit)	Selisih <i>Error</i>		Persentase
				Liter/menit	Persentase (%)	Keakuratan Alat (%)
			0.94	0.03	3.30	96.70
			0.91			
			0.91	0.06	6.19	93.81
			0.97			
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0.10	9.93	90.07
16.	Pengujian ke-16	30	3.06	0.01	0.33	99.67
			3.05			
			3.05	0.25	8.93	91.07
			2.80			
			2.80	0.1	3.45	96.55
			2.90			
			2.90	0.05	1.75	98.25
			2.85			
			2.85	0.02	0.70	99.30
			2.87			
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0.09	3.03	96.97
17.	Pengujian ke-17	30	3.49	2.24	179.20	-79.20
			1.25			
			1.25	0.02	1.63	98.37
			1.23			
			1.23	0.08	6.96	93.04
			1.15			
			1.15	0.01	0.88	99.12
			1.14			
			1.14	0.46	28.75	71.25
			1.60			
			1.60	0.04	2.56	97.44
			1.56			
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0.48	36.66	63.34
18.	Pengujian ke-18	30	0.27	0.66	70.97	29.03
			0.93			
			0.93	0.44	32.12	67.88
			1.37			

No	Data pengujian	Durasi (detik)	Debit air (Liter/menit)	Selisih <i>Error</i>		Persentase
				Liter/menit	Persentase (%)	Keakuratan Alat (%)
			1.37	0.14	11.38	88.62
			1.23			
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0.41	38.16	61.84
19.	Pengujian ke-19	30	1.31	0.09	7.38	92.62
			1.22			
			1.22	0.12	10.91	89.09
			1.1			
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0.11	9.14	90.86
20.	Pengujian ke-20	3	0.66	0.19	22.35	77.65
			0.85			
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0.19	22.35	77.65
21.	Pengujian ke-21	30	3.30	1.54	87.5	12.50
			1.76			
			1.76	0.18	11.39	88.61
			1.58			
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0.86	49.45	50.55
22.	Pengujian ke-22	30	1.09	0	0	100
			1.09			
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0	0	100
23.	Pengujian ke-23	30	1.68	0	0	100
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0	0	100
24.	Pengujian ke-24	30	2.38	0	0	100
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0	0	100
25.	Pengujian ke-25	30	1.60	0	0	100
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0	0	100
26.	Pengujian ke-26	30	1.54	0	0	100
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0	0	100

No	Data pengujian	Durasi (detik)	Debit air (Liter/menit)	Selisih <i>Error</i>		Persentase Keakuratan Alat (%)
				Liter/menit	Persentase (%)	
27.	Pengujian ke- 27	30	0.86	0	0	100
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0	0	100
28.	Pengujian ke- 28	30	2.09	0.43	25.90	74.10
			1.66			
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0.43	25.90	74.10
29.	Pengujian ke- 29	30	1.85	0	0	100
			1.85			
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0	0	100
30.	Pengujian ke- 30	30	2.06	0.63	44.06	55.94
			1.43			
	Rata-rata = $\frac{Total\ Selisih\ Error}{Banyak\ Selisih\ Error}$			0.63	44.06	55.94
Rata-rata = $\frac{Total\ Rata-rata\ Error\ Pengujian}{Banyak\ Data\ Pengujian}$				0.18	12.92	87.08

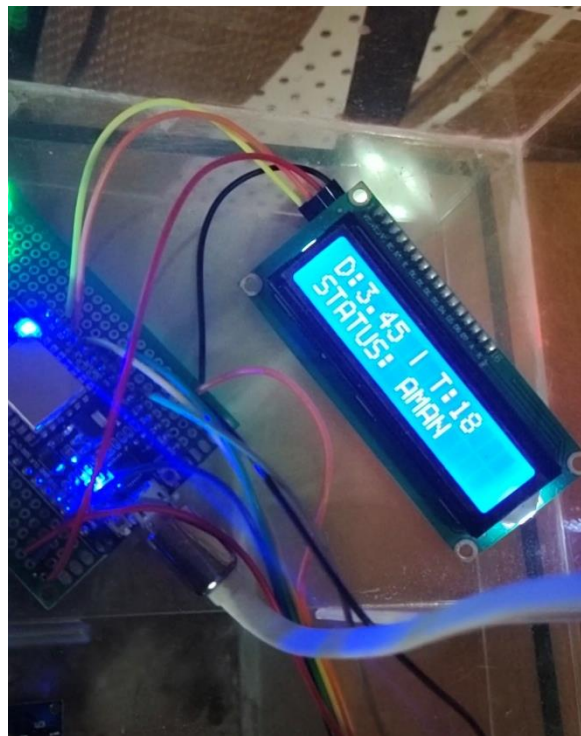
Pada Tabel 4.5 pengujian keakuratan sensor *waterflow* terdapat 30 sampel pengujian [30] untuk menguji keakuratan nilai baca data alat dengan tuas keran air yang dibuka 45 derajat selama 30 detik, sehingga dihasilkan rata-rata selisih *error* pengujian 0.18 Liter/menit atau 12.92% dan persentase keakuratan alat sebesar 87.08%.

4.2.1.3 Perangkat Mikrokontroler secara otomatis membaca status air ketika difungsikan

Pada pengujian ini memiliki 1 butir pengujian, yaitu mengirimkan data tinggi air, debit air, dan status air pada serial monitor dan LCD Monitor dengan indikator keberhasilan dapat mengirimkan data tinggi air, debit air, dan status air pada serial monitor dan LCD Monitor pada saat perangkat difungsikan. Pada pengujian ini dapat diketahui pada Gambar 4.12 dan 4.13.



Gambar 4.12 Tampilan Serial Monitor

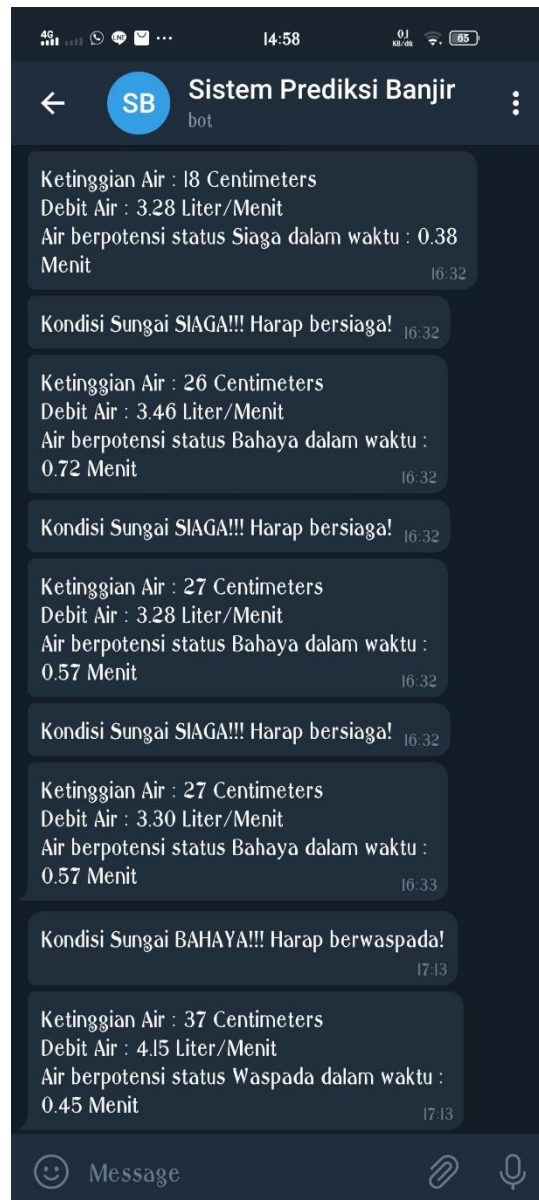


Gambar 4.13 Tampilan LCD Monitor

Pada Gambar 4.12 dan 4.13 terlihat mikrokontroler dapat berfungsi dengan semestinya, yaitu serial monitor dan LCD Monitor dapat menampilkan informasi berupa data tinggi air, debit air, dan status air dengan sesuai.

4.2.2 Pengujian Perangkat Lunak

Pengujian pada perangkat keras memiliki 1 butir pengujian yaitu notifikasi informasi banjir dengan indikator keberhasilan dapat menampilkan notifikasi setiap perubahan ketinggian air, debit air, dan status air. Pada pengujian ini, yaitu mikrokontroler dapat mengirimkan notifikasi berupa *Chatbot* Telegram informasi banjir pada ponsel pengguna dapat diketahui pada Gambar 4.13.



Gambar 4.14 Informasi Banjir *Chatbot* Telegram

Pada Gambar 4.14 merupakan isi dari informasi banjir yang telah dihubungkan dengan perangkat keras dari Sistem Prediksi Banjir. Isi dari informasi tersebut berupa, ketinggian air, debit air, dan prediksi air meningkat ke setiap level berikutnya.

4.2.3 Pengujian Logika *Fuzzy* Sugeno

Pada pengujian ini memiliki 1 butir pengujian, yaitu menguji keakuratan data dengan membandingkan nilai fuzzy masukan dan keluaran yang sesuai pada MathLAB dengan pengujian alat secara langsung. Berikut beberapa hasil pengujian pada MathLAB dapat dilihat pada Gambar 4.15.1, 4.15.2, dan 4.15.3.



Gambar 4.15.1 *Rules* Derajat Keanggotaan *Fuzzy Input* Pertama



Gambar 4.15.2 *Rules* Derajat Keanggotaan *Fuzzy Input* Kedua



Gambar 4.15.3 *Rules* Derajat Keanggotaan *Fuzzy Input* Ketiga

Pada Gambar 4.15.1, 4.15.2, dan 4.15.3 merupakan hasil pengujian alat selang tinggi air 35-40 cm. Pada Gambar 4.15.1 dengan inputan tinggi air 35 cm debit air 4.18 L/menit, maka dihasilkan keluaran atau output 0.625 yang artinya level air dalam kondisi bahaya. Pada Gambar 4.15.2 dengan inputan tinggi air 37 cm debit air 4.15 L/menit, maka dihasilkan keluaran atau output 0.625 yang artinya level air dalam kondisi bahaya. Pada Gambar 4.15.3 dengan inputan tinggi air 40 cm debit air 4.00 L/menit, maka dihasilkan keluaran atau output 0.625 yang artinya level air dalam kondisi bahaya.

Hasil perbandingan pengujian secara keseluruhan nilai *fuzzy* masukan dan keluaran pada alat secara langsung dengan pengujian menggunakan MathLAB dapat diketahui pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Perbandingan Pengukuran pada Alat dengan Nilai *Fuzzy* pada MathLAB

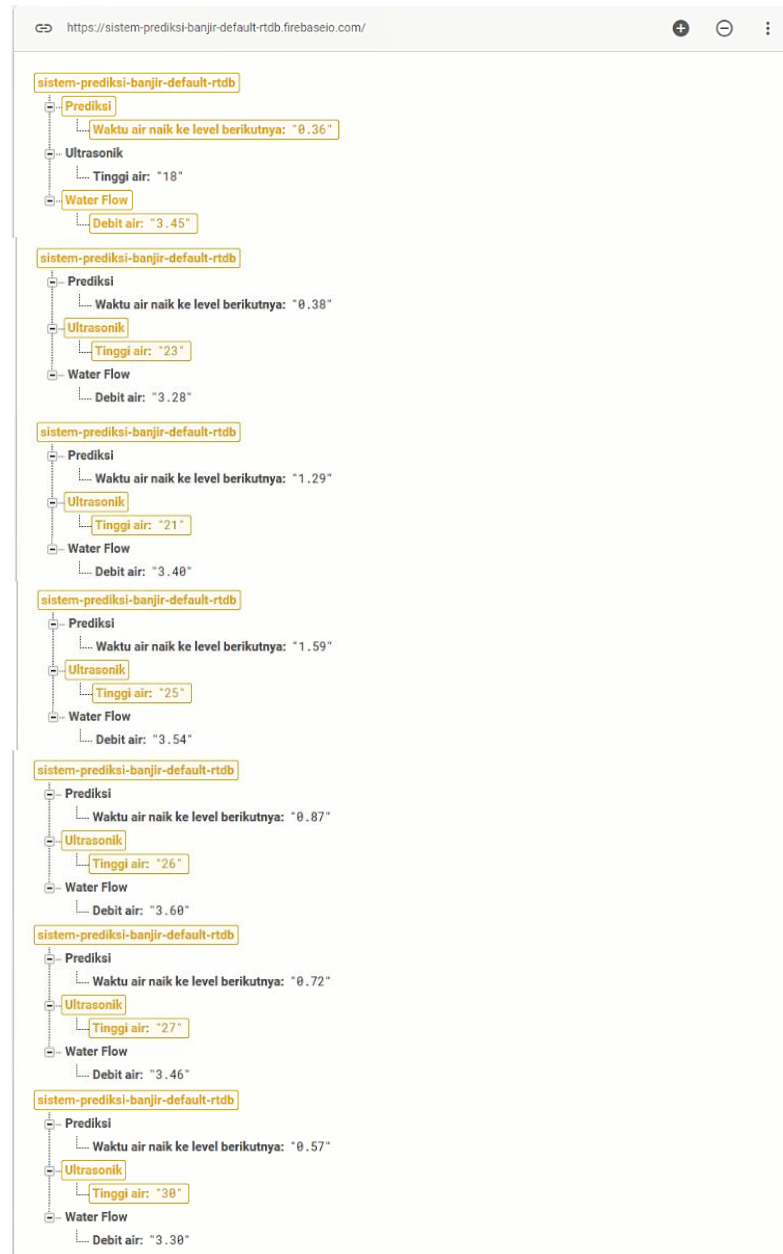
No	Nilai Masukan (<i>Input</i>)		Nilai Keluaran (<i>Output</i>)			Keterangan
	Tinggi Air	Debit Air	<i>Fuzzy</i>		Alat	
			Nilai	Informasi Air	Informasi Air	
1	35	4.18	0.625	Bahaya	Bahaya	Sesuai
2	37	4.15	0.625	Bahaya	Bahaya	Sesuai
3	40	4.00	0.625	Bahaya	Bahaya	Sesuai

4	21	4.31	0.175	Siaga	Siaga	Sesuai
5	26	3.81	0.375	Siaga	Siaga	Sesuai
6	29	3.94	0.375	Siaga	Siaga	Sesuai
7	3	3.94	0.125	Aman	Aman	Sesuai
8	5	4.34	0.125	Aman	Aman	Sesuai
9	7	4.5	0.125	Aman	Aman	Sesuai
10	41	3.85	0.725	Waspada	Waspada	Sesuai
11	43	4.20	0.875	Waspada	Waspada	Sesuai
12	44	3.7	0.875	Waspada	Waspada	Sesuai
13	46	3.75	0.906	Banjir	Banjir	Sesuai
14	47	3.92	0.958	Banjir	Banjir	Sesuai
15	48	4.2	1	Banjir	Banjir	Sesuai
16	29	1.76	0.375	Siaga	Siaga	Sesuai
17	30	1.58	0.375	Siaga	Siaga	Sesuai
18	30	1.09	0.375	Siaga	Siaga	Sesuai
19	31	1.09	0.425	Bahaya	Bahaya	Sesuai
20	32	1.68	0.475	Bahaya	Bahaya	Sesuai
21	36	2.38	0.625	Bahaya	Bahaya	Sesuai
22	37	1.60	0.625	Bahaya	Bahaya	Sesuai
23	38	1.54	0.625	Bahaya	Bahaya	Sesuai
24	39	0.86	0.625	Bahaya	Bahaya	Sesuai
25	40	2.09	0.625	Bahaya	Bahaya	Sesuai
26	42	1.66	0.825	Waspada	Waspada	Sesuai
27	44	1.85	0.875	Waspada	Waspada	Sesuai
28	43	1.85	0.875	Waspada	Waspada	Sesuai
29	46	2.06	0.906	Banjir	Banjir	Sesuai
30	48	1.43	1	Banjir	Banjir	Sesuai

Berdasarkan Tabel 4.6 terdapat 30 sampel data [30] yang penulis lakukan, disimpulkan bahwa hasil perbandingan pengukuran pada alat dengan nilai *fuzzy* pada MathLAB sudah sesuai karena memiliki nilai *fuzzy* dengan informasi air yang serupa dengan informasi air pada alat.

4.2.4 Pengujian Basis Data Non Relasional dengan Prediksi Kenaikan Air

Pada pengujian ini memiliki 1 butir pengujian, yaitu menyimpan data pada Firebase dengan indikator keberhasilan, yaitu dapat menyimpan 1 data ketinggian air, debit air, prediksi kenaikan air ke level berikutnya, dan hasil nilai *fuzzy* tiap status level air berubah pada Firebase. Hasil pengujian dapat diketahui pada Gambar 4.15.



Gambar 4.16 Data pada Firebase

Pada Gambar 4.16 merupakan hasil yang berupa 1 data yang berganti secara *realtime* dari pengiriman mikrokontroler menuju ke Firebase. Hasil pengujian pengiriman data ke Firebase dapat juga diketahui pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Pengiriman Basis Data Non Relasional

No	Pengujian Pengiriman	Keterangan
1	Pengiriman Ke-1	Berhasil
2	Pengiriman Ke-2	Berhasil

No	Pengujian Pengiriman	Keterangan
3	Pengiriman Ke-3	Berhasil
4	Pengiriman Ke-4	Berhasil
5	Pengiriman Ke-5	Berhasil
6	Pengiriman Ke-6	Berhasil
7	Pengiriman Ke-7	Berhasil
8	Pengiriman Ke-8	Berhasil
9	Pengiriman Ke-9	Berhasil
10	Pengiriman Ke-10	Berhasil
11	Pengiriman Ke-11	Berhasil
12	Pengiriman Ke-12	Berhasil
13	Pengiriman Ke-13	Berhasil
14	Pengiriman Ke-14	Berhasil
15	Pengiriman Ke-15	Berhasil
16	Pengiriman Ke-16	Berhasil
17	Pengiriman Ke-17	Berhasil
18	Pengiriman Ke-18	Berhasil
19	Pengiriman Ke-19	Berhasil
20	Pengiriman Ke-20	Berhasil
21	Pengiriman Ke-21	Berhasil
22	Pengiriman Ke-22	Berhasil
23	Pengiriman Ke-23	Berhasil
24	Pengiriman Ke-24	Berhasil
25	Pengiriman Ke-25	Berhasil
26	Pengiriman Ke-26	Berhasil
27	Pengiriman Ke-27	Berhasil
28	Pengiriman Ke-28	Berhasil
29	Pengiriman Ke-29	Berhasil
30	Pengiriman Ke-30	Berhasil

Pada Tabel 4.7 terdapat 30 data sampel [30] yang merupakan proses pengujian pengiriman data dari alat ke Firebase menggunakan koneksi internet. Pengujian dilakukan Ketika alat sudah terkoneksi ke *realtime database*. Pada pengujian tersebut dihasilkan nilai keberhasilan pengiriman 100%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil kesimpulan pada penelitian sebagai berikut :

1. Pada pengujian keakuratan sensor ultrasonik terdapat 30 pengambilan data pengujian untuk menguji keakuratan nilai baca data alat dengan menggunakan penggaris, sehingga dihasilkan rata-rata selisih *error* sebesar ± 1.32 cm atau 7.64% dan keakuratan alat sebesar 92.36%.
2. Pada pengujian keakuratan sensor *water flow* pengujian keakuratan sensor waterflow terdapat 30 sampel pengujian untuk menguji keakuratan nilai baca data alat dengan tuas keran air yang dibuka 45 derajat selama 30 detik, sehingga dihasilkan rata-rata selisih *error* pengujian 0.18 Liter/menit atau 12.92% dan persentase keakuratan alat sebesar 87.08%.
3. Pada pengujian fungsi pada perangkat mikrokontroler, fungsi dapat bekerja dengan semestinya, yaitu serial monitor dan LCD Monitor dapat menampilkan informasi berupa data tinggi air, debit air, dan status air dengan sesuai.
4. Pada pengujian *Chatbot* Telegram, mikrokontroler dapat mengirimkan notifikasi berupa *Chatbot* Telegram informasi level ketinggian air pada ponsel pengguna.
5. Pada pengujian Logika *Fuzzy* Sugeno, bahwa hasil perbandingan pengukuran pada alat dengan nilai *fuzzy* pada MathLAB sudah sesuai karena memiliki nilai *fuzzy* dengan informasi air yang serupa dengan informasi air pada alat.
6. Pada pengujian pengiriman Basis Data Non Relasional terdapat 30 sampel data dihasilkan nilai keberhasilan pengiriman 100%.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya yaitu :

1. Sistem Prediksi Banjir diharapkan dapat disediakan sistem informasi perangkat lunak berbasis *website* atau pun *mobile phone*.
2. Lingkungan Uji diharapkan dengan permodelan lebih mirip dengan kebutuhan sungai aslinya, sehingga hasil pengambilan data dapat lebih akurat dibandingkan dengan sungai aslinya.
3. Alat prediksi banjir dapat bekerja tanpa koneksi internet, sehingga data deteksi banjir terbaru dapat lebih cepat didapatkan.
4. Kebutuhan alat prediksi banjir dapat memiliki kualitas yang lebih baik, sehingga meminimalisasi kesalahan baca.

Referensi

- [1] A. S. Putri, “Jumlah Kabupaten dan Provinsi di Indonesia,” *www.kompas.com*, 2020.
<https://www.kompas.com/skola/read/2020/01/08/150000469/jumlah-kabupaten-dan-provinsi-di-indonesia?page=all> (accessed Apr. 17, 2020).
- [2] C. Setia, “5 Bencana Banjir di Sejumlah Daerah di Akhir dan Awal Tahun, dari Sungai Meluap hingga 3 Desa Terendam,” *www.kompas.com*, 2020.
<https://regional.kompas.com/read/2020/01/01/11571351/5-bencana-banjir-di-sejumlah-daerah-di-akhir-dan-awal-tahun-dari-sungai?page=all#page4> (accessed Apr. 17, 2020).
- [3] N. Khoirun, “REKAPITULASI DATA BANJIR DKI JAKARTA DAN PENANGGULANGANNYA TAHUN 2020,” *Statistik.jakarta.go.id*, 2020.
<https://statistik.jakarta.go.id/rekapitulasi-data-banjir-dki-jakarta-dan-penanggulangannya-tahun-2020/> (accessed Mar. 29, 2021).
- [4] A. D. Saputri, R. D. Ramadhani, and R. Adhitama, “LOGIKA FUZZY SUGENO UNTUK PENGAMBILAN KEPUTUSAN DALAM PENJADWALAN DAN PENGINGAT SERVICE SEPEDA MOTOR,” vol. 8106, pp. 49–55, 2019.
- [5] Wikipedia, “Telegram (aplikasi),” *id.wikipedia.org*, 2020.
[https://id.wikipedia.org/wiki/Telegram_\(aplikasi\)](https://id.wikipedia.org/wiki/Telegram_(aplikasi)) (accessed Oct. 20, 2020).
- [6] Dhimas Roby Satrio Nugroho, “INTEGRASI APLIKASI TELEGRAM UNTUK MONITORING DAN KEAMANAN KENDARAAN BERMOTOR BERBASIS ARDUINO DAN OPENWRT,” vol. 10, no. 2, pp. 1–15, 2018.
- [7] T. F. Arya, M. Faiqurahman, and Y. Azhar, “Aplikasi Wireless Sensor Network Untuk Sistem Monitoring Dan Klasifikasi Kualitas Udara,” *Sistemasi*, vol. 7, no. 3, p. 281, 2018, doi: 10.32520/stmsi.v7i3.312.
- [8] Y. Efendi, “Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile,” *J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 4,

- no. 2, pp. 21–27, 2018, doi: 10.35329/jiik.v4i2.41.
- [9] I. R. Harys, Hafidzilhaj Suprayogi, “APLIKASI LOGIKA FUZZY UNTUK PREDIKSI KEJADIAN HUJAN (Studi Kasus: Sub DAS Siak Hulu),” p. 55, 2005.
 - [10] P. Studi, T. Mekatronika, J. T. Elektro, and P. N. Batam, “Pengendalian Keran Air Untuk Mengatur Debit Air Berbasis Fuzzy Logic Pada Mikrokontroler,” 2015.
 - [11] D. Kriestanto and A. B. Arnado, “IMPLEMENTASI WEBSITE PENCARIAN KOS DENGAN NoSQL,” *JIKO (Jurnal Inform. dan Komputer)*, vol. 2, no. 2, p. 103, 2017, doi: 10.26798/jiko.2017.v2i2.66.
 - [12] G. R. Paraya and R. Tanone, “Penerapan Firebase Realtime Database Pada Prototype Aplikasi Pemesanan Makanan Berbasis Android,” *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 4, no. 3, pp. 397–406, 2018, doi: 10.28932/jutisi.v4i3.870.
 - [13] A. Alawiah and A. Rafi Al Tahtawi, “Sistem Kendali dan Pemantauan Ketinggian Air pada Tangki Berbasis Sensor Ultrasonik,” *KOPERTIP J. Ilm. Manaj. Inform. dan Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 25–30, 2017, doi: 10.32485/kopertip.v1i1.7.
 - [14] W. Indianto, A. H. Kridalaksana, and Y. Yulianto, “Perancangan Sistem Prototipe Pendeteksi Banjir Peringatan Dini Menggunakan Arduino Dan PHP,” *Inform. Mulawarman J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 12, no. 1, p. 45, 2017, doi: 10.30872/jim.v12i1.222.
 - [15] U. M. Buana, F. Supegina, and U. M. Buana, “Jurnal Teknologi Elektro , Universitas Mercu Buana PENINGKATAN EFISIENSI SISTEM PENDISTRIBUSIAN AIR DENGAN MENGGUNAKAN IoT (Internet of Things) Fadli Sirait Program Studi Teknik Elektro Ilham Septian Herwiansya Program Studi Teknik Elektro Universitas M,” *J. Elektro*, vol. 8, no. 3, pp. 234–239, 2017.
 - [16] D. Kurniawan, A. N. Jati, and A. Mulyana, “Perancangan Dan Implementasi Sistem Monitor Cuaca Design and Implementation of Weather System Monitor Using Microcontroller Support As a Flood Early Warning System,”

vol. 3, no. 1, pp. 3–9, 2016.

- [17] M. Radhya and A. Mulyana, “Perancangan Sistem Monitoring Banjir Terpadu Berbasis Android dan Website,” pp. 1–7, 2017.
- [18] D. Satria, S. Yana, R. Munadi, and S. Syahreza, “Sistem Peringatan Dini Banjir Secara Real-Time Berbasis Web Menggunakan Arduino dan Ethernet,” *J. JTIK (Jurnal Teknol. Inf. dan Komunikasi)*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2017, doi: 10.35870/jtik.v1i1.27.
- [19] D. R. Ariyani and R. E. Putri, “Sistem Monitoring Banjir Pada Jalan Menggunakan Aplikasi Mobile Dan Modul Wi-Fi,” *Semin. Nas. Sains dan Teknol. 2017*, no. November, pp. 1–8, 2017, doi: 10.1542/peds.104.1.e9.
- [20] C. Hasiholan, R. Primananda, and K. Amron, “Implementasi Konsep Internet of Things pada Sistem Monitoring Banjir menggunakan Protokol MQTT,” *Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 12, pp. 6128–6135, 2018.
- [21] A. Prasetyo and M. B. Setyawan, “Purwarupa Internet of Things Sistem Kewaspadaan Banjir Dengan Kendali Raspberry Pi,” *Netw. Eng. Res. Oper.*, vol. 3, no. 3, pp. 201–205, 2018, doi: 10.21107/NERO.V3I3.97.
- [22] M. F. Habibi, “RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DETEKSI DINI UNTUK KAWASAN RAWAN BANJIR BERBASIS ARDUINO,” vol. 2, no. 2, pp. 190–195, 2018.
- [23] N. Lestari, Satrianansyah, and B. Mutia, “Monitoring Penanggulangan Banjir dan Alarm Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT) Di Dinas Sosial Unit Tagana Kota Lubuklinggau,” vol. 04, no. 02, pp. 75–84, 2019.
- [24] Abdullah and R. Fitriana, “Sistem Peringatan Dini Banjir Berdasarkan Ketinggian Air, Debit Air Dan Curah Hujan Dilengkapi Dengan Sistem Monitoring Data Sensor,” vol. 6341, no. April, pp. 24–30, 2020.
- [25] Z. Husin, E. N. Aziz, and Universitas Langlangbuana, “Pembuatan Prototipe Pendeteksi Banjir Dan Curah Hujan Berbasis Arduino Uno & GSM,” *Tek. Ind. Arsitektur, Sipil, Inform. Elektro*, vol. 14, pp. 33–38, 2018.

- [26] I. Efendi, “Pengertian dan macam-macam topologi jaringan komputer,” *https://www.it-jurnal.com*, 2018. <https://www.it-jurnal.com/pengertian-dan-macam-macam-topologi-jaringan-komputer/> (accessed Aug. 02, 2020).
- [27] U. Azmi and M. Syaryadhi, “Penerapan Wireless Sensor Network Berbasis Esp8266 Untuk Pemantauan Dan Proses Budidaya Tanaman Cabai Merah,” *Kitektro*, vol. 4, no. 3, pp. 30–37, 2019.
- [28] D. L. Rahakbauw, F. J. Rianekuay, and Y. A. Lesnussa, “Penerapan Metode Fuzzy Mamdani Untuk Memprediksi Jumlah Produksi Karet (Studi Kasus: Data Persediaan Dan Permintaan Produksi Karet Pada Ptp Nusantara Xiv (Persero) Kebun Awaya, Teluk Elpaputih, Maluku-Indonesia),” *J. Ilm. Mat. Dan Terap.*, vol. 16, no. 1, pp. 51–59, 2019, doi: 10.22487/2540766x.2019.v16.i1.12764.
- [29] Muhamad Arwin Wijaya, “PURWARUPA PENYIRAMAN OTOMATIS DENGAN ARSITEKTUR MQTT DAN LOGIKA FUZZY SUGENO UNTUK MENINGKATKAN KEEFEKTIFAN MANAJEMEN PENYIRAMAN TANAMAN (STUDI KASUS : ITERA),” Institut Teknologi Sumatera, 2020.
- [30] Suryani and Hendryadi, “Teori dan Aplikasi pada Penelitian Bidang Manajemen dan Ekonomi Islam.” p. 107, 2015.

Lampiran 1 : Dokumentasi

Sosialisasi dengan ketua RT dan aparat Perumahan Prasanti 2 Sukarame



Github

<https://github.com/alvijar/SistemPrediksiBanjir>