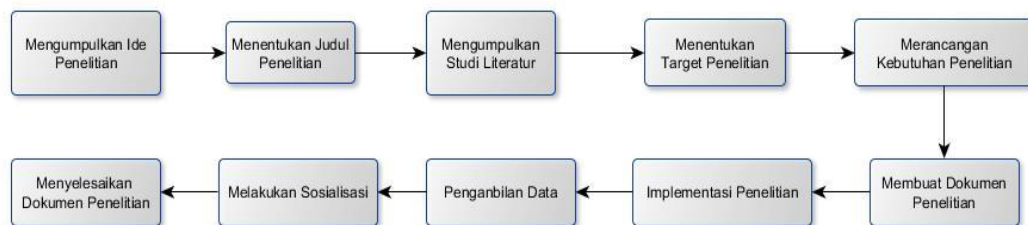


BAB III

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.

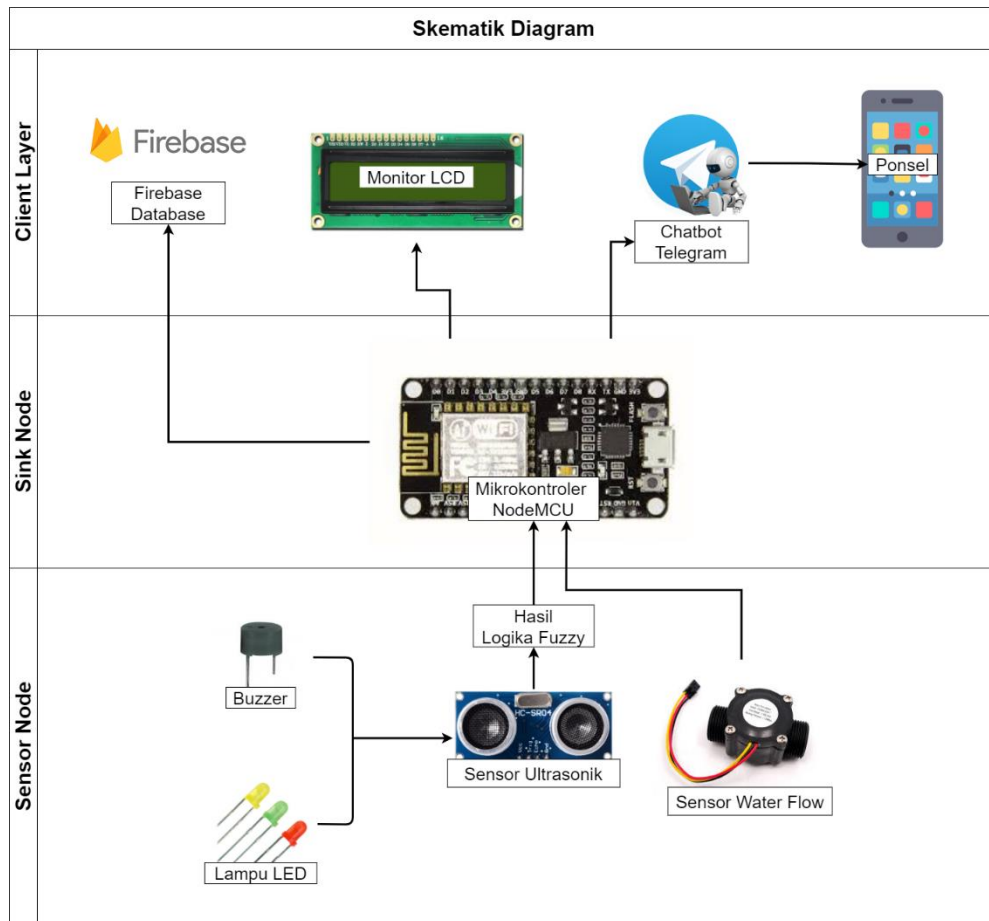


Gambar 3.1 Diagram Alir Alur Penelitian

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 Telegram</i>

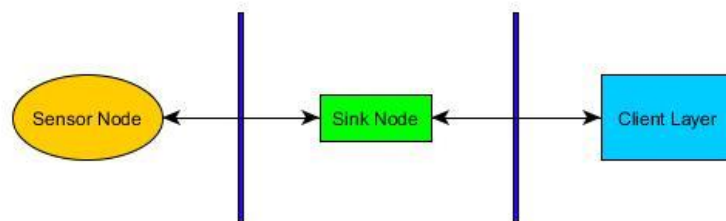
Pada Tabel 3.1, kebutuhan aktual didapatkan dari hasil pengujian pada lokasi pinggir sungai Citarum, Majalaya Teather, Jawa Barat. Berdasarkan pengujian pada sungai Citarum, disimpulkan bahwa alat dapat bekerja dengan hasil yang semestinya. Sehingga, berdasarkan komparasi kebutuhan aktual dengan pemodelan 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

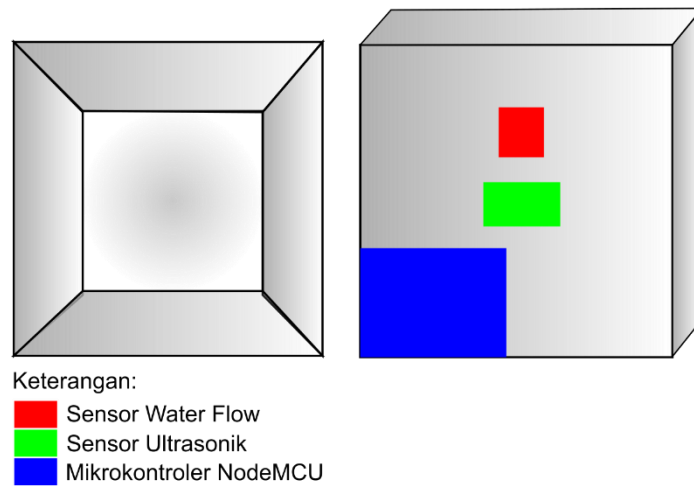
Nomor	Nama Alat	Fungsi
1.	NodeMCU	Sebagai mikrokontroler yang berfungsi untuk mendeteksi status keamanan air sungai dengan menggunakan sensor serta terhubung melalui jaringan seluler untuk mengontrol banjir dan sebagai media yang memancarkan sinyal <i>Wi-Fi</i> untuk mengakses Firebase
2.	Sensor Ultrasonik	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.

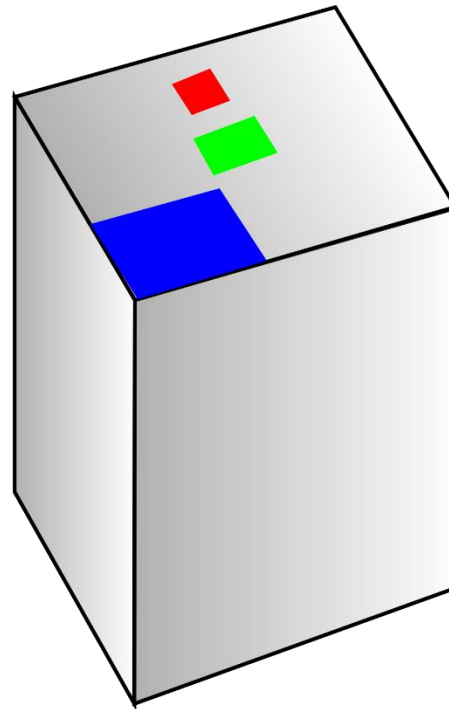


Gambar 3.4 Desain Perangkat Keras Pemantauan Tampak Dalam

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:

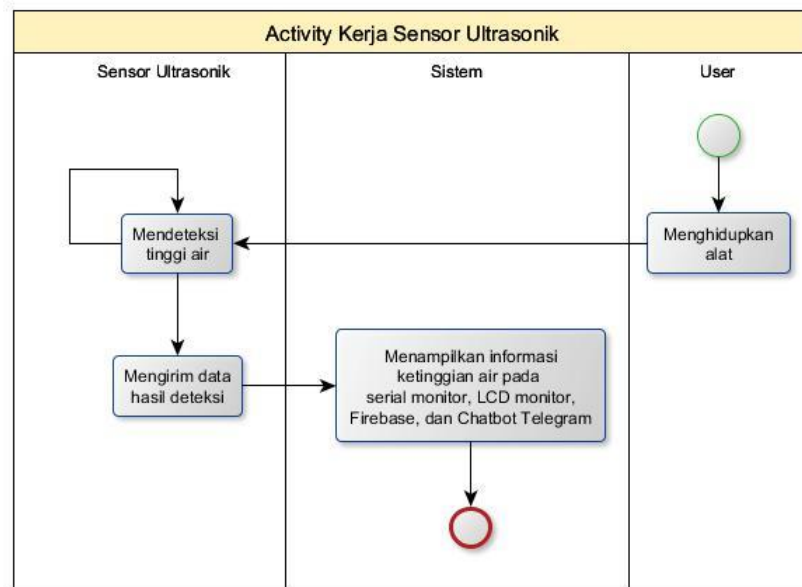
1. Sensor ultrasonik membaca nilai tinggi air pada level aman, siaga, bahaya, waspada, dan banjir pada sistem.
2. Sensor *water flow* membaca nilai debit air per satuan waktu pada sistem.
3. Mikrokontroler dapat menampilkan informasi tinggi air, debit air, dan status level air pada LCD monitor.
4. Mengirimkan 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.

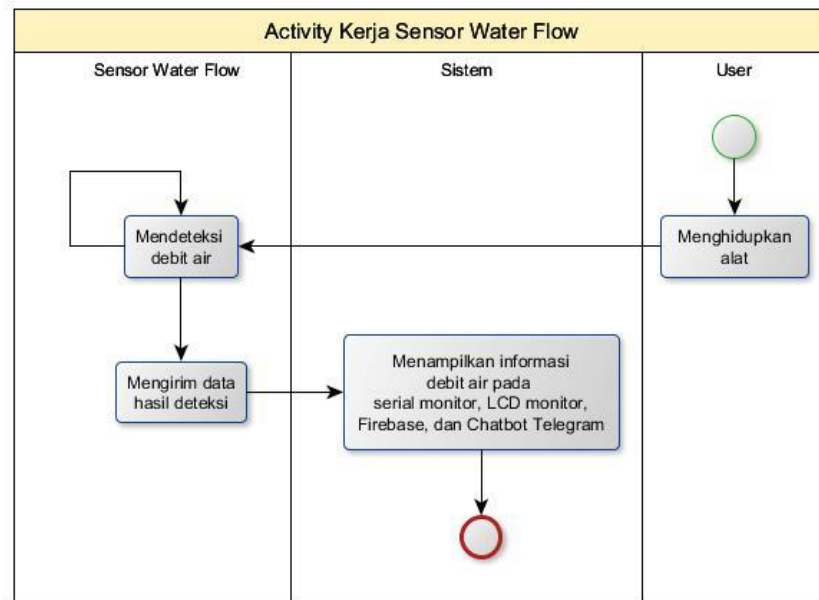


Gambar 3.6 Activity Diagram Kerja Sensor Ultrasonik

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.

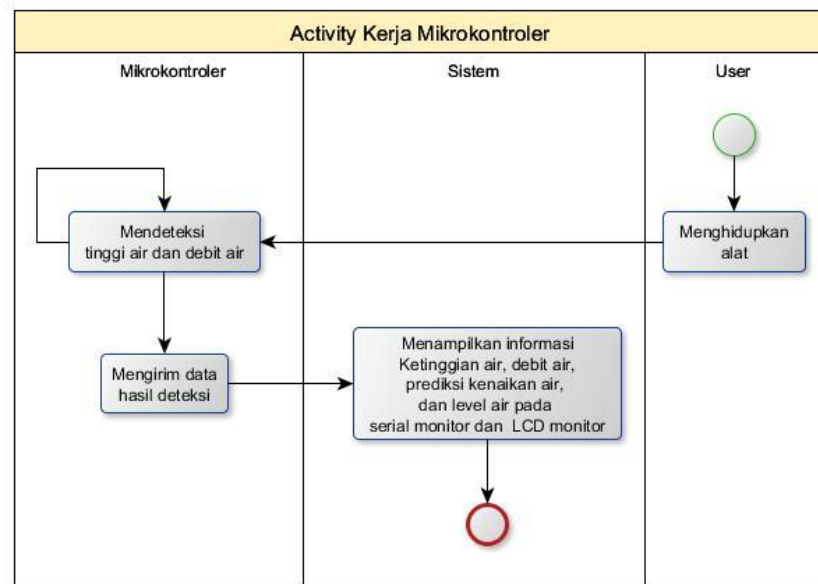


Gambar 3.7 Activity Diagram Kerja Sensor *Water Flow*

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.

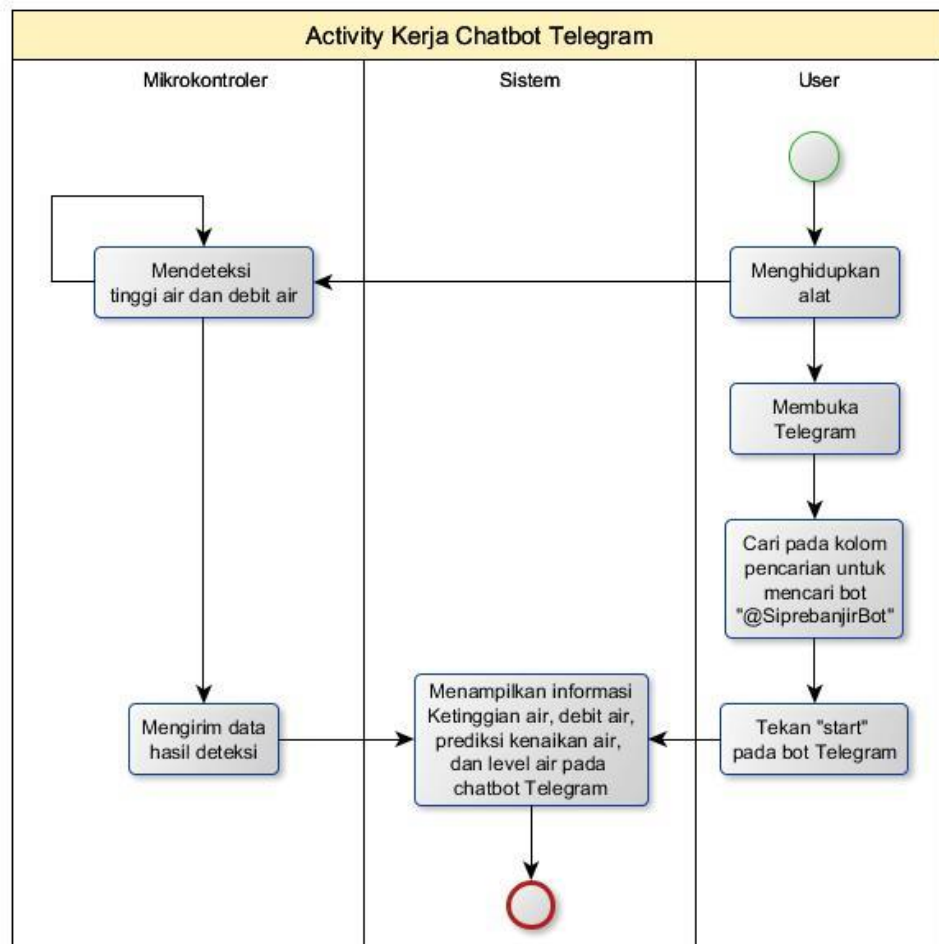


Gambar 3.8 Activity Diagram Kerja Mikrokontroler

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.

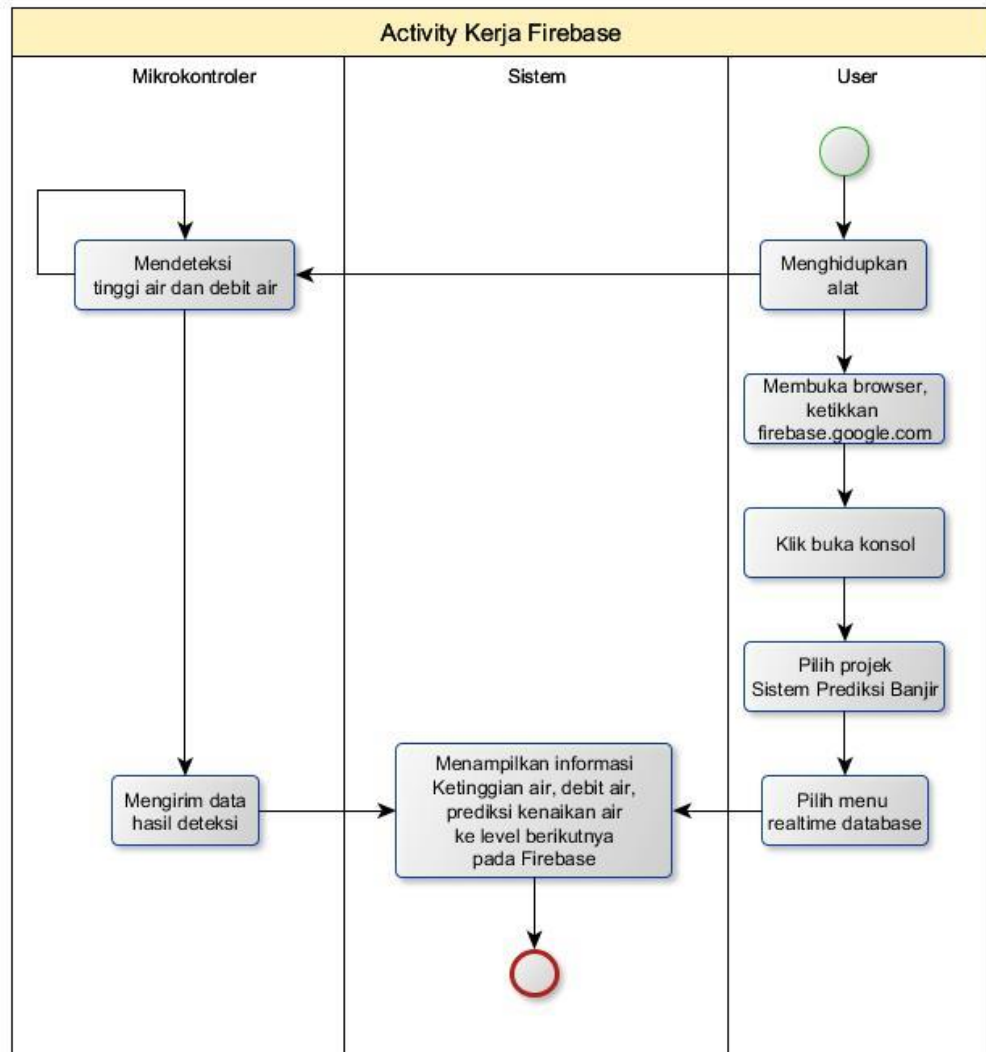


Gambar 3.9 Activity Diagram Kerja *Chatbot* Telegram

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.



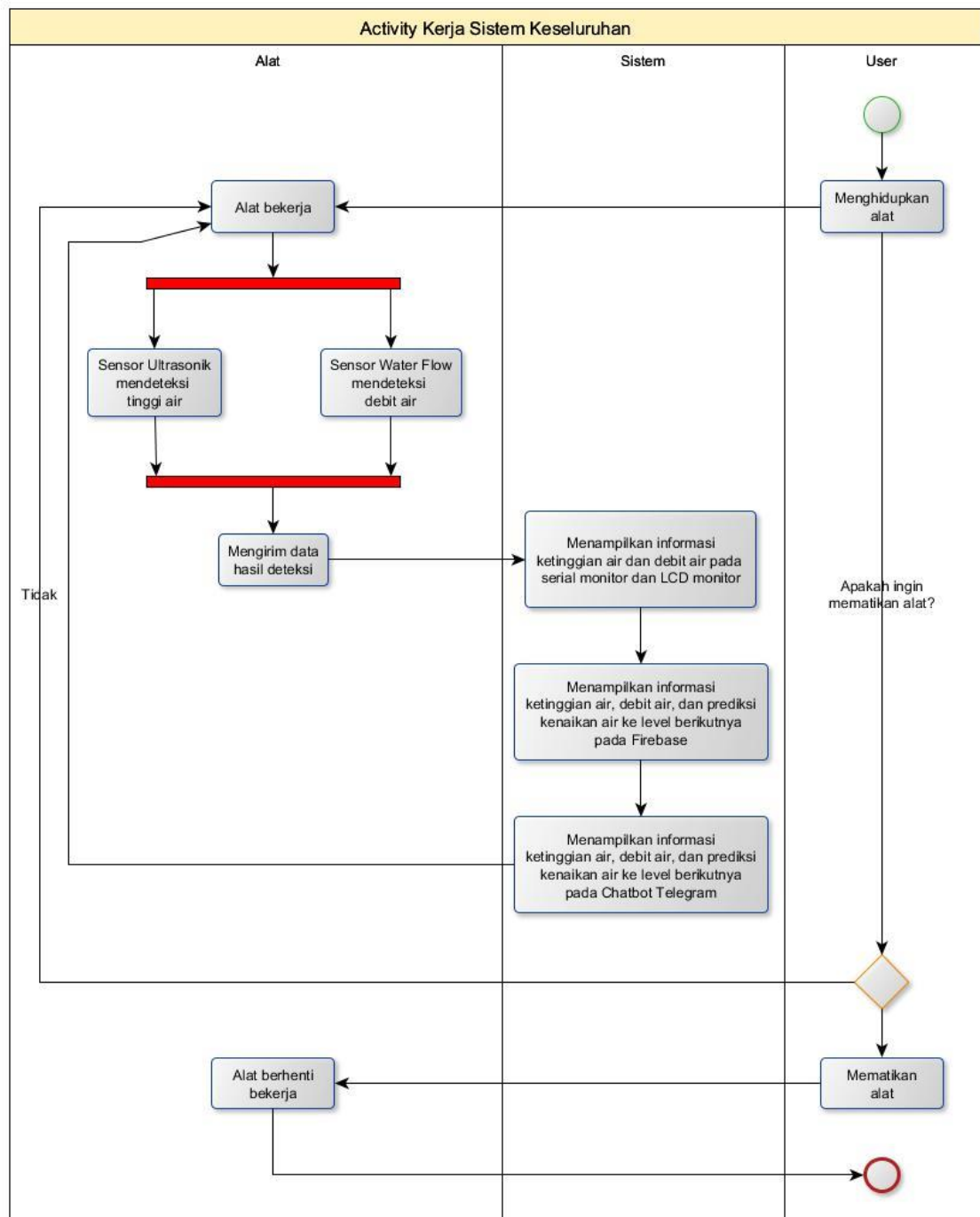
Gambar 3.10 Activity Diagram Kerja Firebase

Berdasarkan Gambar 3.10, activity diagram dimulai pada saat pengguna menghidupkan alat, lalu 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

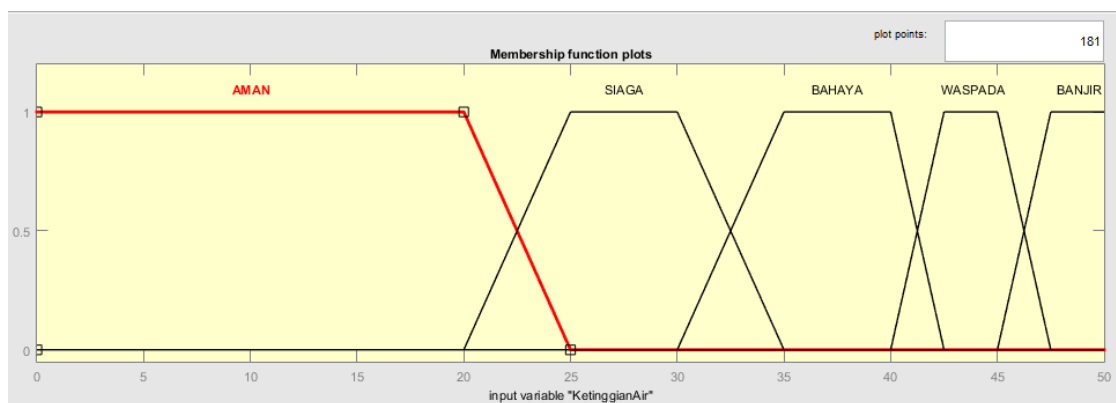
Pada tahap ini mengubah data masukan debit air dengan ketinggian pada wadah uji pemodelan sungai yang berbentuk tegas (*crisp*) menjadi bentuk variabel linguistik. Data ketinggian pemodelan sungai dapat diketahui pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Tahap Fuzzifikasi

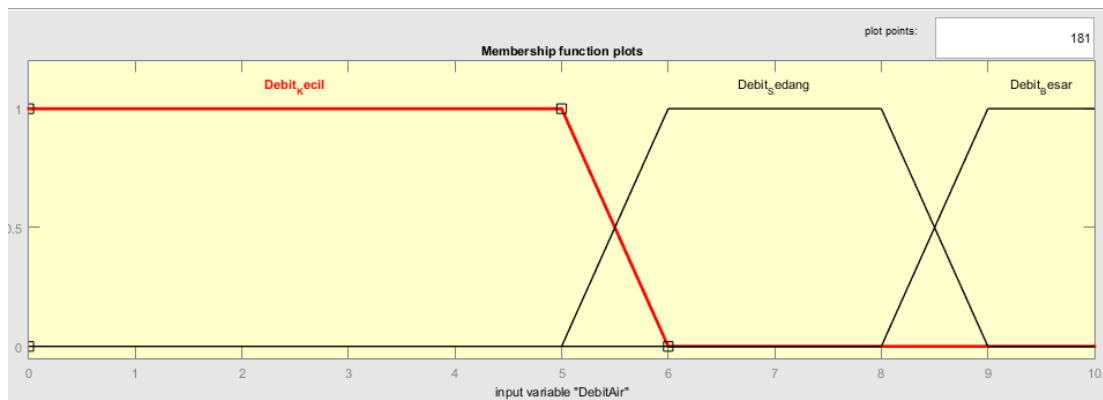
Variabel Fuzzy		Fungsi Keanggotaan Fuzzy	
Masukan	Ketinggian air pada wadah uji	Nilai Parameter (cm)	Nama Parameter
		0 – 20	Aman (A)
		20 – 30	Siaga (S)
		30 – 40	Bahaya (B)
		40 – 45	Waspada (W)
		45 – 50	Banjir (Ba)

	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:

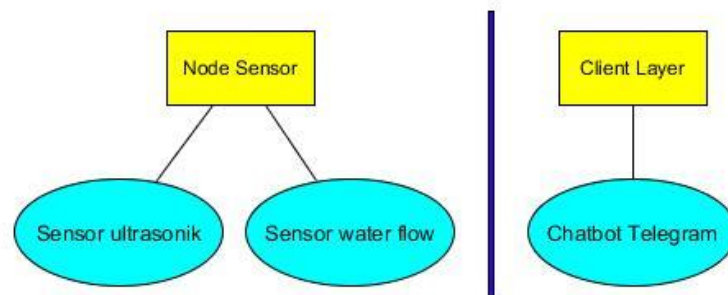
WA = Nilai rata – rata

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.