

Tabel IV.2 Tabel Aturan-aturan Fuzzy

No	Kekeruhan	pH	Ketinggian	Pompa air
1	K1	P1	H1	TB
2	K1	P1	H2	TS
3	K1	P1	H3	TR
4	K1	P2	H1	TR
5	K1	P2	H2	TR
6	K1	P2	H3	TR
7	K1	P3	H1	TB
8	K1	P3	H2	TS
9	K1	P3	H3	TR
10	K2	P1	H1	TB
11	K2	P1	H2	TS
12	K2	P1	H3	TS
13	K2	P2	H1	TB
14	K2	P2	H2	TB
15	K2	P2	H3	TS
16	K2	P3	H1	TB
17	K2	P3	H2	TS
18	K2	P3	H3	TS

Tabel IV.3 Tabel Deskripsi Aturan-aturan Fuzzy

No	Keputusan	Action
1	K1	Kekeruhan Jernih
2	K2	Kekeruhan Keruh
3	P1	pH Rendah
4	P2	pH Normal
5	P3	pH Tinggi
6	H1	Ketinggian Rendah
7	H2	Ketinggian Normal
8	H3	Ketinggian Tinggi
9	TR	Tambah Rendah
10	TS	Tambah Sedang
11	TB	Tambah Banyak

3. Agregasi

Jika nilai kekeruhan (jernih), nilai pH rendah , dan nilai ketinggian Normal , maka “Tambah Air”.

$$\alpha\text{-predikat R1} = \mu_{\text{KJERNIH}} [x] \cap \mu_{\text{PHRENDAH}} [x] \cap \mu_{\text{kiNORMAL}} [x]$$

$$\alpha\text{-predikat R1} = \min(\mu_{\text{KJERNIH}}, \mu_{\text{PHRENDAH}}, \mu_{\text{kiNORMAL}})$$

$$\alpha\text{-predikat R1} = \min(0,4;0,98;0,6)$$

$$\alpha\text{-predikat R1} = 0,4$$

4. Defuzzification

Pada tahap ini merupakan proses pengubahan nilai fuzzy *output* menjadi sebuah crisp value yang diperoleh dengan cara mengambil nilai rata – rata yang terpusat sebagai keputusan yang diberikan oleh sistem. Contoh perhitungan nilai fuzzy *output* menjadi sebuah *crisp value* :

$$\text{Nilai 1a} = \alpha\text{-predikat R1} \times z1$$

$$= (\alpha \times (24 - 20)) + 20$$

$$= 21,6$$

$$\text{Nilai 1b} = \alpha\text{-predikat R1} \times z2$$

$$= 28 - (\alpha \times (28 - 24))$$

$$= 26,4$$

$$\text{Nilai}_1 = (\text{Nilai}_1\text{a} + \text{Nilai}_1\text{b}) / 2$$

$$= (21,6 + 26,4) / 2$$

$$= 24$$

Maka hasil yang diperoleh yaitu melakukan pengisian selama 24 detik.

4.1.2 Deskripsi Sistem

Pada sistem monitoring ini terfokus pada pemantauan kualitas air terhadap perkembangan ikan nila dan tanaman hidroponik yang ada dengan menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto. Pemantauan air tersebut akan menghasilkan sebuah keputusan untuk melakukan sebuah tindakan yang harus dilakukan oleh sistem. Pengguna dapat melakukan pemantauan terhadap kolam aquaponik secara *realtime* kapanpun dan dimanapun melalui *smartphone*.

4.1.3 Analisis Pengguna

Analisis pengguna merupakan analisis terhadap *user* yang terlibat dalam sistem pemantauan dan pengendali sirkulasi air pada aquaponik. *User* dapat

melakukan monitoring terhadap kolam aquaponik meliputi ketinggian air, kekeruhan air, dan pH air secara *realtime*, *user* dapat melakukan kontrol terhadap waktu update, dan *user* juga dapat melihat *history* monitoring pada aplikasi *mobile*.

4.1.4 Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan Fungsional merupakan fungsionalitas keseluruhan fitur yang tersedia dalam penelitian ini. Fitur yang tersedia pada sitem monitoring ini terdapat dalam Tabel IV.4, sebagai berikut :

Tabel IV.4 Kebutuhan Fungsional

No.	Fitur	Keterangan
1.	Melihat Hasil <i>Monitoring</i> Ketinggian	Merupakan informasi mengenai hasil <i>monitoring</i> berupa nilai ketinggian air pada kolam aquaponik secara periodik.
2.	Melihat Hasil <i>Monitoring</i> Kekeruhan	Merupakan informasi mengenai hasil <i>monitoring</i> berupa nilai kekeruhan air pada kolam aquaponik secara periodik.
3.	Melihat Hasil <i>Monitoring</i> pH Air	Merupakan informasi mengenai hasil <i>monitoring</i> berupa nilai pH air pada kolam aquaponik secara periodik.
4.	Melihat Hasil <i>Monitoring</i> Status Pompa	Merupakan informasi mengenai hasil <i>monitoring</i> berupa status pompa air pada kolam aquaponik secara periodik.
5.	Melihat Waktu Update Data Terakhir	Merupakan informasi mengenai waktu update data terakhir pada sistem <i>Monitoring</i> .
6.	Melihat <i>History</i> Monitoring	Melihat beberapa daftar terakhir dari hasil <i>Monitoring</i> kolam yang telah dilakukan oleh sistem.
7.	<i>Refresh</i> Data Secara <i>Realtime</i>	Melakukan update data <i>monitoring</i> secara <i>realtime</i> pada aplikasi <i>mobile</i> .

8.	Manajemen Waktu Update	Mengatur berapa lama waktu untuk update data secara <i>realtime</i> . Nantinya waktu tersebut yang akan digunakan oleh sistem untuk update data secara periodik.
----	------------------------	--

4.1.5 Kebutuhan Non-Fungsional

Kebutuhan Non-Fungsional merupakan spesifikasi yang dimiliki sistem sebagai kemampuan yang ditawarkan dalam penelitian Sistem Pemantauan dan Pengendali Sirkulasi Air pada Aquaponik terdapat dalam Tabel IV.5, sebagai berikut :

Tabel IV.5 Kebutuhan Non-Fungsional

No.	Jenis	Keterangan
1.	<i>Usability</i>	Sistem ini dapat digunakan oleh petani aquaponik kapanpun dan dimanapun melalui platform <i>mobile</i> .
2.	<i>Portability</i>	Sistem ini dapat digunakan di beberapa device sekaligus.
3.	<i>Supportability</i>	Sistem ini membutuhkan koneksi internet dan gadget dalam pengoperasiannya.
4.	<i>Reliability</i>	Sistem ini diharapkan dapat memiliki keandalan untuk memonitoring kolam aquaponik berdasarkan hasil yang didapat dari sensor.

4.1.6 Kebutuhan Perangkat Keras (*Hardware*)

Analisis kebutuhan perangkat keras (*Hardware*) dalam penelitian “Implementasi Sistem Pemantauan dan Pengendali Sirkulasi Air pada Aquaponik dengan Metode Fuzzy Tsukamoto” digunakan dalam pembangunan sistem terdapat dalam Tabel IV.6, sebagai berikut :

Tabel IV.6 Analisis Kebutuhan Software

No.	Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	Keterangan
1.	<i>ESP8266</i>	Digunakan sebagai mikrokontroler untuk upload data digital dari sensor ke server.

2.	<i>Arduino Uno</i>	Digunakan untuk mengendalikan dan memproses data dari perangkat input lalu meneruskannya ke alat <i>output</i> .
3.	<i>Router</i>	Penghubung ke jaringan internet.
4.	<i>Kabel Jumper</i>	Digunakan sebagai penghubung antara mikrokontroler dengan sensor.
5.	<i>Kabel USB</i>	Digunakan sebagai kabel penghubung Mikrokontroler dengan daya listrik.
6.	<i>Sensor Turbidity</i>	Digunakan sebagai sensor kekeruhan air.
7.	<i>Sensor pHMeter</i>	Dignakan sebagai sensor pH air.
8.	<i>Sensor HCSR04 Ultrasonic</i>	Digunakan sebagai sensor ketinggian air.
10.	<i>PWM (Pulse Width Modulation)</i>	Digunakan untuk mengontrol daya yang berkaitan dengan power supply
11.	<i>Travo 12volt</i>	Digunakan sebagai power supply untuk pompa air.
12.	<i>Kabel Power</i>	Digunakan sebagai penghubung antara power supply dengan stop kontak.
13.	<i>Aquarium</i>	Sebagai media untuk percobaan sistem <i>monitoring</i> .
14.	<i>Pompa Air Celup</i>	Digunakan sebagai aktuator.

4.1.7 Kebutuhan Perangkat Lunak (*Software*)

Analisis kebutuhan kebutuhan perangkat lunak (*software*) dalam penelitian “Implementasi Sistem Pemantauan dan Pengendali Sirkulasi Air pada Aquaponik dengan Metode Fuzzy Tsukamoto” digunakan dalam pembangunan sistem terdapat dalam Tabel IV.7, sebagai berikut :

Tabel IV.7 Analisis Kebutuhan Software

No.	Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	Fungsi	Keterangan
-----	--	--------	------------

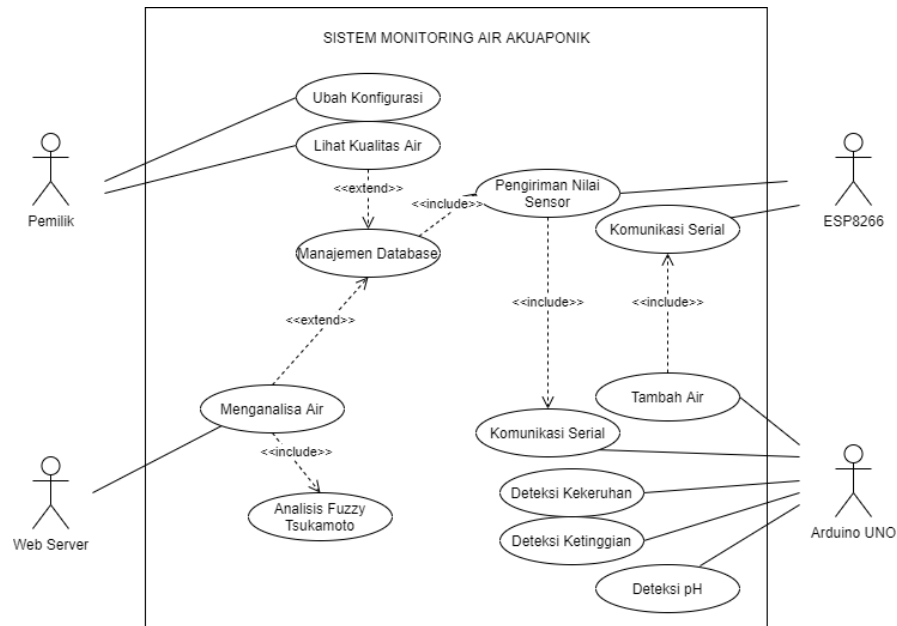
1.	<i>Operating System</i>	Sistem operasi yang digunakan untuk menjalankan program yang ada pada komputer	<i>Windows 10</i>
2.	<i>Code Editor</i>	Fasilitas aplikasi yang digunakan untuk menuliskan kode program	<i>Android Studio, Arduino, Visual Studio Code</i>
3.	<i>Database</i>	Fasilitas penyimpanan data yang digunakan untuk menampung data yang diperlukan	<i>Firebase Database</i>
4.	<i>Internet Network</i>	Jaringan internet yang berfungsi sebagai akses terhadap sistem yang dibangun	<i>Indihome</i>

4.2 Perancangan

Perancangan pada “Implementasi Sistem Pemantauan dan Pengendali Sirkulasi Air pada Aquaponik dengan Metode Fuzzy Tsukamoto” berupa perancangan dalam bentuk diagram, sebagai berikut :

4.2.1 Perancangan Usecase Diagram

Diagram usecase merupakan gambaran atau representasi dari interaksi yang terjadi antara sistem dan lingkungannya. Diagram usecase yang digunakan dalam pembangunan sistem terdapat dalam Gambar IV.4, sebagai berikut :



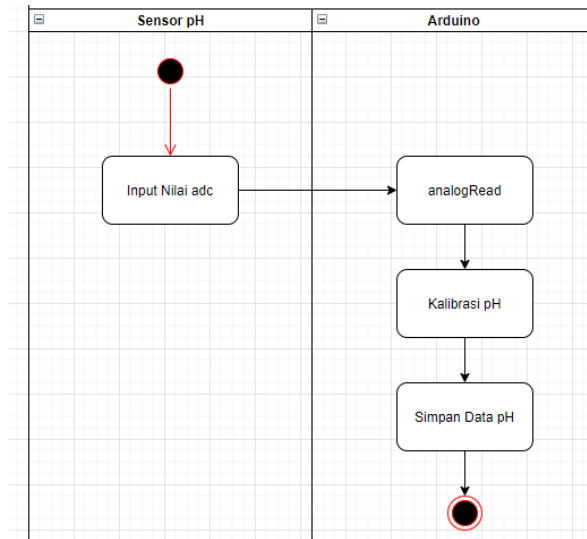
Gambar IV.4 Gambar Usecase

4.2.2 Perancangan Activity Diagram

Activity diagram menggambarkan aliran fungsionalitas dalam suatu sistem informasi. Secara lengkap, activity diagram mendefinisikan dimana workflow dimulai, dimana berhentinya, aktifitas apa yang terjadi selama workflow, dan bagaimana urutan kejadian aktifitas tersebut (Dewi et al., 2017). Ada beberapa *activity diagram* yang terdapat pada sistem diantaranya :

1. Deteksi pH

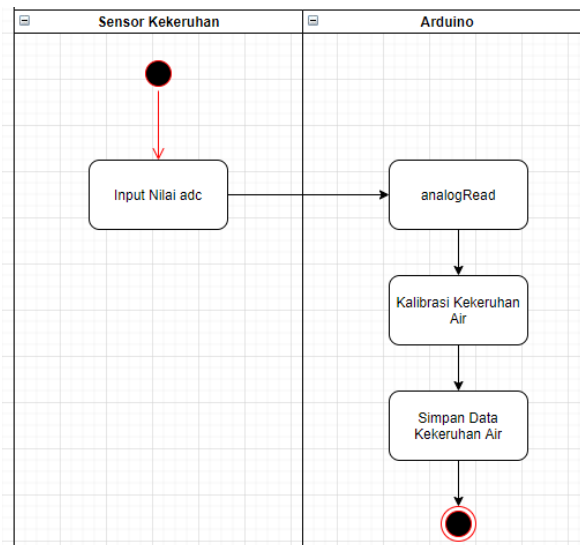
Kalibrasi pH merupakan pengubahan nilai adc (nilai input) yang didapatkan dari arduino menjadi nilai keasaman pH kemudian dikirimkan dan disimpan pada Sistem Monitoring Air.



Gambar IV.5 Activity Diagram Deteksi pH

2. Deteksi Kekeruhan

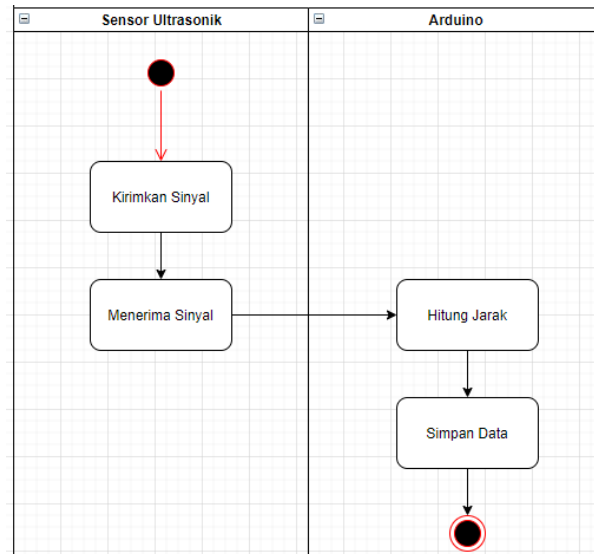
Kalibrasi kekeruhan merupakan pengubahan nilai adc (nilai input) yang didapatkan dari arduino menjadi nilai kekeruhan air kemudian dikirimkan dan disimpan pada Sistem Monitoring Air.



Gambar IV.6 Activity Diagram Deteksi Kekeruhan

3. Deteksi Ketinggian

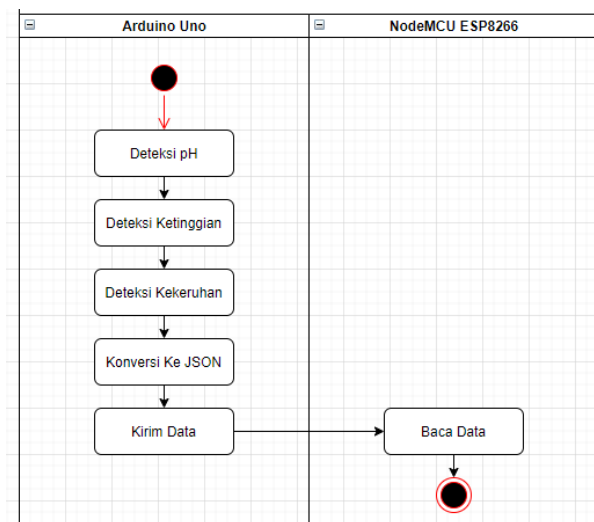
Kalibrasi ketinggian merupakan pengubahan nilai adc (nilai input) yang didapatkan dari arduino menjadi nilai ketinggian air kemudian dikirimkan dan disimpan pada Sistem Monitoring Air.



Gambar IV.7 Activity Diagram Deteksi Ketinggian

4. Komunikasi Serial Arduino

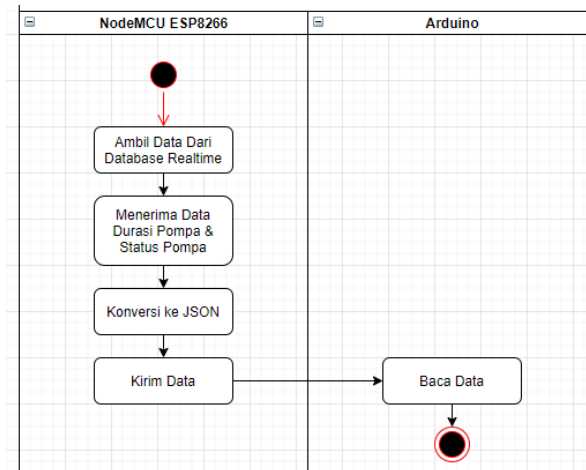
Komunikasi serial adalah komunikasi yang digunakan untuk menghubungkan antara dua mikrokontroller yaitu arduino uno dan NodeMCU ESP8266 dalam melakukan pertukaran data yang dikirimkan pada server dan data response yang didapatkan dari server.



Gambar IV.8 Activity Diagram Komunikasi Serial Arduino

5. Komunikasi Serial ESP8266

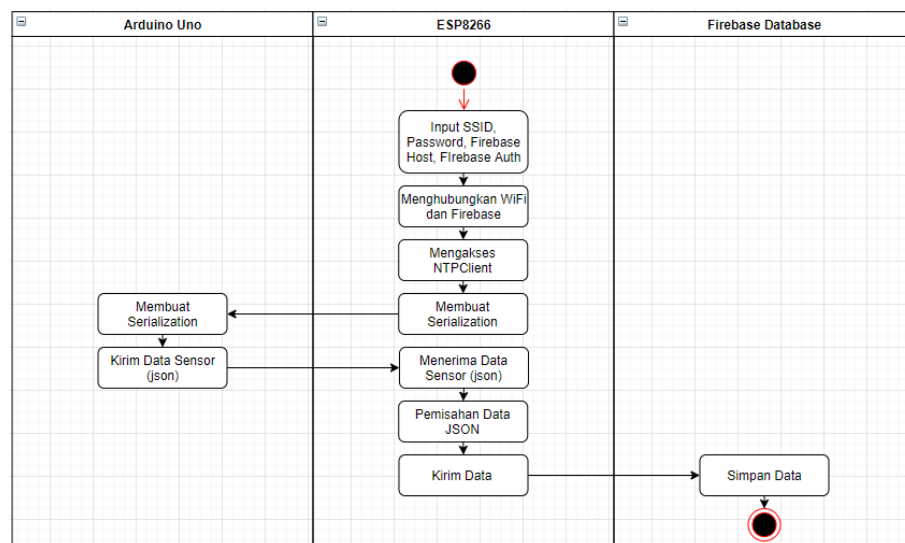
Komunikasi serial adalah komunikasi yang digunakan untuk menghubungkan antara dua mikrokontroller yaitu arduino uno dan NodeMCU ESP8266 dalam melakukan pertukaran data yang dikirimkan pada server dan data response yang didapatkan dari server.



Gambar IV.9 Activity Diagram Komunikasi Serial ESP8266

6. Pengiriman Nilai Sensor

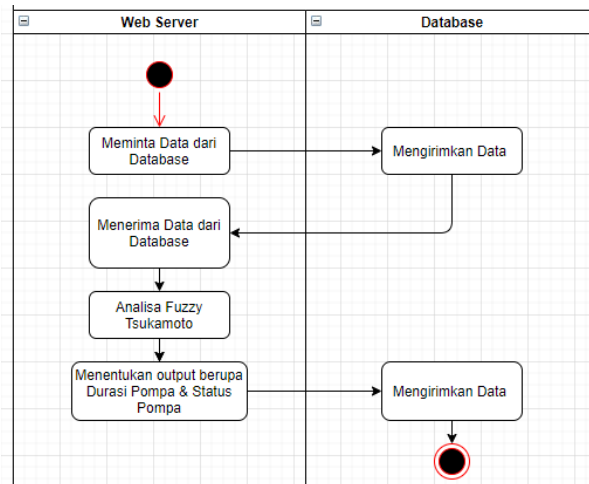
ESP8266 merupakan sebuah perangkat yang digunakan untuk mengirimkan nilai *output* pada arduino ke dalam sistem. NodeMCU ESP8266 mengirimkan semua nilai sensor menggunakan jaringan nirkabel atau Wifi.



Gambar IV.10 Activity Diagram Pengiriman Nilai Sensor

7. Menganalisa Air

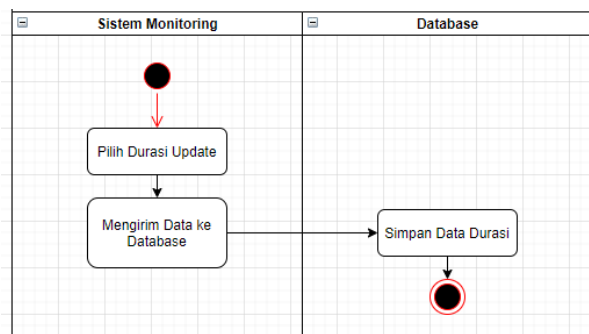
Analisa Fuzzy Tsukamoto merupakan sebuah metode yang digunakan sebagai pengambil keputusan dan memberikan sebuah perintah kepada arduino untuk melakukan penambahan air pada saat kondisi air kurang bersih.



Gambar IV.11 Activity Diagram Menganalisa Air

8. Manajemen Database

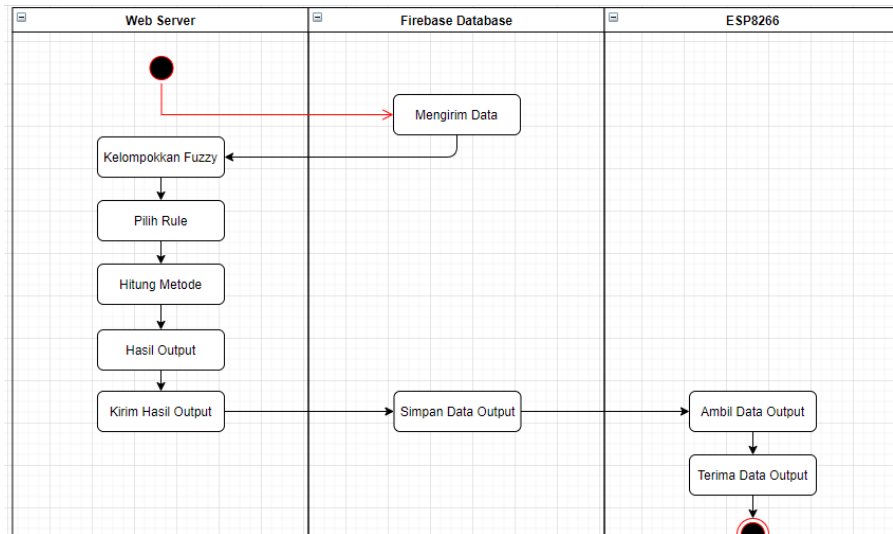
Proses manajemen database adalah proses yang melakukan penginputan dan pengambilan data yang tersimpan pada database.



Gambar IV.12 Activity Diagram Manajemen Database

9. Analisis Fuzzy Tsukamoto

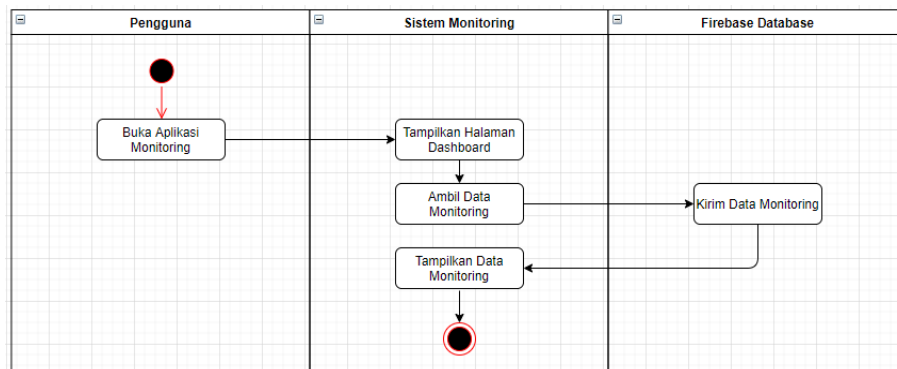
Tahapan – tahapan sistem dalam memberikan keputusan dalam sistem monitoring air.



Gambar IV.13 Activity Diagram Analisis Fuzzy Tsukamoto

10. Lihat Kualitas Air

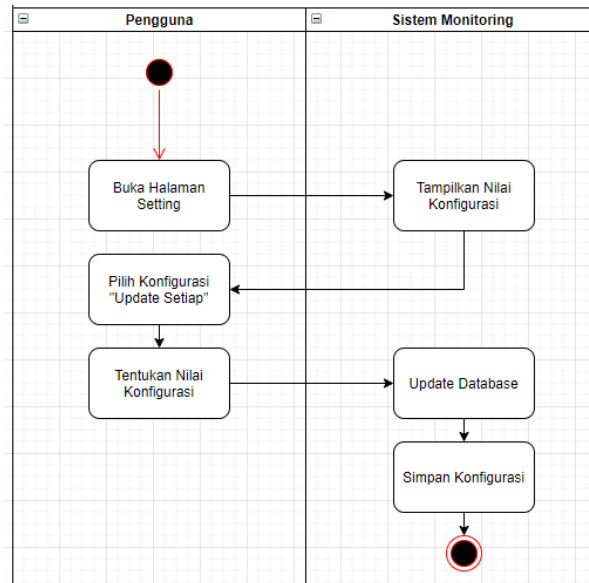
Pengguna dapat melihat kualitas air secara *realtime* meliputi ketinggian air, kekeruhan air, pH air, dan status pompa air.



Gambar IV.14 Activity Diagram Lihat Kualitas Air

11. Ubah Konfigurasi Sistem Monitoring

Konfigurasi sistem dapat dilakukan oleh pengguna secara dinamis. Sistem Monitoring menyediakan sebuah layanan berupa halaman yang digunakan untuk mengubah nilai konfigurasi yang harus dilakukan oleh sebuah sistem.



Gambar IV.15 Activity Diagram Ubah Konfigurasi Sistem Monitoring

4.2.3 Designer Database

Perancangan desain database digunakan untuk merancang gambaran penyimpanan data. Sistem monitoring menggunakan Firebase Database yang merupakan penyimpanan basis data nonSQL yang memungkinkan untuk menyimpan beberapa tipe data. Pada Database memuat beberapa node diantaranya : Sensor, Pompa, dan Settings.

a. *Collection Pompa*

```

{
  "pompa" {
    "durasi": float,
    "status": int
  }
}
  
```

b. *Collection Sensor*

```

{
  "sensor" {
    [
      {
        "kekeruhan": float,
        "ketinggian": int,
        "pH": float,
        "update": String
      }
    ]
  }
}
  
```

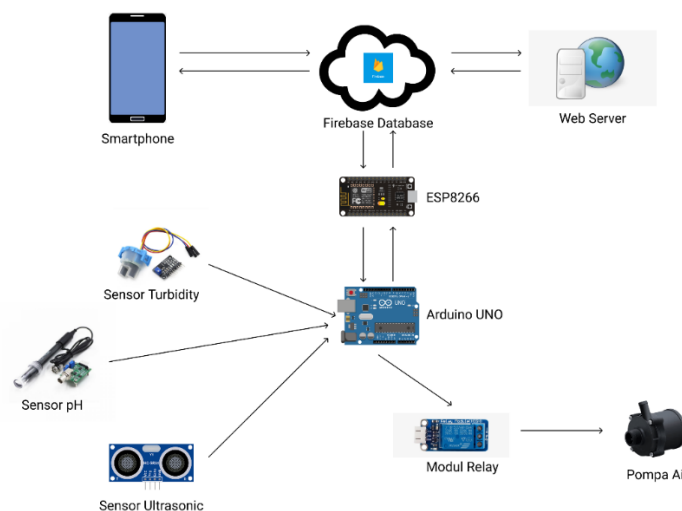
c. Collection Settings

```

{
  {
    "period": long,
    "refresh": int
  }
}

```

4.2.4 Arsitektur Sistem



Gambar IV.16 Arsitektur Sistem

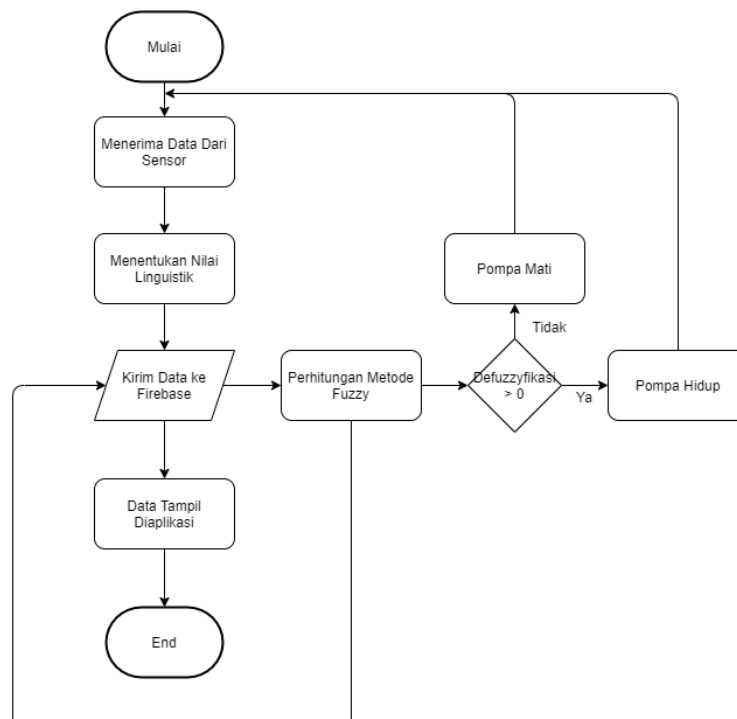
Pengukuran ketinggian air diambil berdasarkan pembacaan sensor ultrasonic, pengukuran pH air diambil berdasarkan sensor pH, dan pengukuran kekeruhan air diambil dari pembacaan sensor turbidity, yang kemudian data tersebut dibaca oleh Arduino Uno, yang kemudian data tersebut akan dikirimkan ke ESP8266 untuk dikirim ke *Firestore Database*.

Data pada *Firestore Database* akan di simpan ke dalam node yang telah ditentukan sebelumnya. Selanjutnya web server akan mengambil data tersebut dan akan dilakukan proses perhitungan menggunakan metode *fuzzy Tsukamoto* dan akan menghasilkan sebuah keputusan yang akan disimpan pada *Firestore Database*.

NodeMCU ESP8266 akan melakukan *get data* atau mengambil data hasil keputusan tersebut untuk dikirimkan ke Arduino UNO. Nantinya Arduino UNO akan menjalankan hasil keputusan tersebut.

4.2.5 Flowchart Sistem

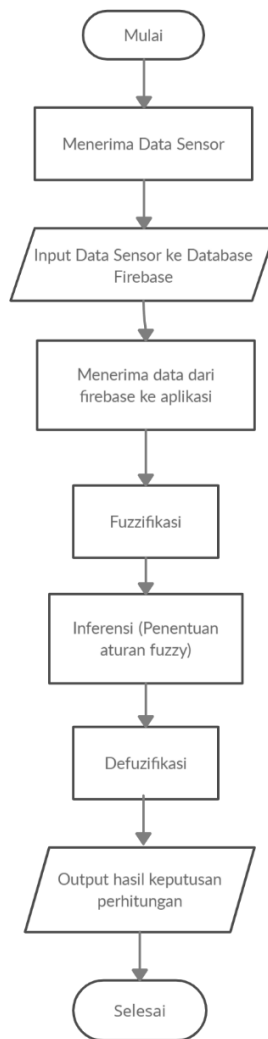
Flowchart merupakan alur urutan proses kerja sistem, pertama sistem akan menerima data dari sensor pH, sensor kekeruhan, dan sensor ketinggian, lalu inputan dari sensor tersebut akan dilakukan penentuan nilai linguistic dan selanjutnya data inputan tersebut akan dikirimkan ke *Firestore Database*. Data yang disimpan pada *Firestore Database* akan ditampilkan di aplikasi *mobile* dan juga akan diambil oleh web server untuk dilakukan perhitungan *fuzzy Tsukamoto*. Selanjutnya hasil perhitungan tersebut akan menghasilkan sebuah keputusan yang akan dijalankan sistem. Jika hasil defuzzyfikasi > 0 maka pompa akan hidup, jika hasil defuzzyfikasi $= 0$ maka pompa akan mati.



Gambar IV.17 Flowchart Sistem

4.2.6 Flowchart Perhitungan Metode

Flowchart Metode merupakan alur urutan proses kerja implementasi perhitungan metode, dimana dalam menentukan hasil *output* sistem menggunakan metode fuzzy tsukamoto, sebagai berikut :



Gambar IV.18 Flowchart Perhitungan Metode

4.2.7 Desain Tampilan

Tampilan grafis yang berhubungan langsung dengan pengguna yang disebut User Interface (UI) dalam sistem direpresentasikan dalam bentuk visual desain mock up mengenai konsep rancangan layout, sebagai berikut :



Gambar IV.19 Desain Tampilan Utama

Ketinggian : 0cm pH : 7 pH	Kekeruhan : 10NTU Update : Minggu, 22:22:22
Ketinggian : 0cm pH : 7 pH	Kekeruhan : 10NTU Update : Minggu, 22:22:22
Ketinggian : 0cm pH : 7 pH	Kekeruhan : 10NTU Update : Minggu, 22:22:22
Ketinggian : 0cm pH : 7 pH	Kekeruhan : 10NTU Update : Minggu, 22:22:22
Ketinggian : 0cm pH : 7 pH	Kekeruhan : 10NTU Update : Minggu, 22:22:22
Ketinggian : 0cm pH : 7 pH	Kekeruhan : 10NTU Update : Minggu, 22:22:22
Ketinggian : 0cm pH : 7 pH	Kekeruhan : 10NTU Update : Minggu, 22:22:22
Ketinggian : 0cm pH : 7 pH	Kekeruhan : 10NTU Update : Minggu, 22:22:22
Ketinggian : 0cm pH : 7 pH	Kekeruhan : 10NTU Update : Minggu, 22:22:22

Gambar IV.20 Desain Tampilan History

Pengaturan

Update Setiap

- 30 Menit
- 60 Menit
- 2 Jam
- 6 Jam
- 12 Jam

SIMPAN

Gambar IV.21 Desain Tampilan Pengaturan