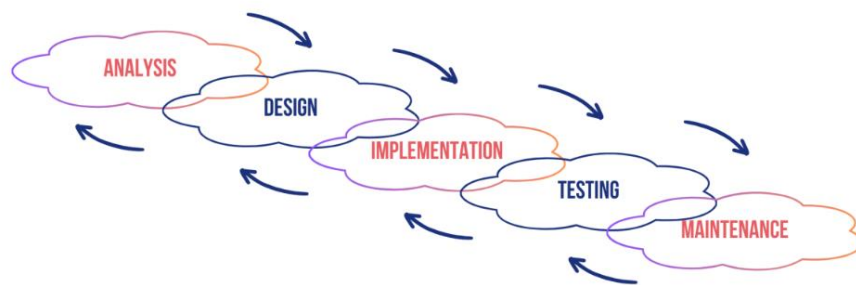


BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Pada bab ini menjelaskan mengenai jenis penelitian yang digunakan yaitu penelitian *Research and Development* (R&D), yaitu merupakan proses-proses untuk mengembangkan suatu produk baru, memperbaiki atau menyempurnakan produk yang sudah ada dan dapat dipertanggung jawabkan (admin, 2020). Penelitian R&D mengharuskan peneliti menghasilkan suatu produk dengan menggunakan analisis kebutuhan untuk menguji keefektifan produk tersebut secara sistematis agar sesuai dengan kriteria tertentu.

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Waterfall* yang bersifat sistematis, mulai dari tahap analisis kebutuhan (*Requirements Analysis*), tahap desain (*System and Software Design*), tahap implementasi (*Implementation*), tahap pengujian (*Testing*) dan diakhiri tahap pemeliharaan (*Operation & Maintenance*) (Samala & Fajri, 2021). Pada Gambar 3.1 merupakan tahapan penelitian dengan metode R&D dengan pendekatan *Waterfall*.



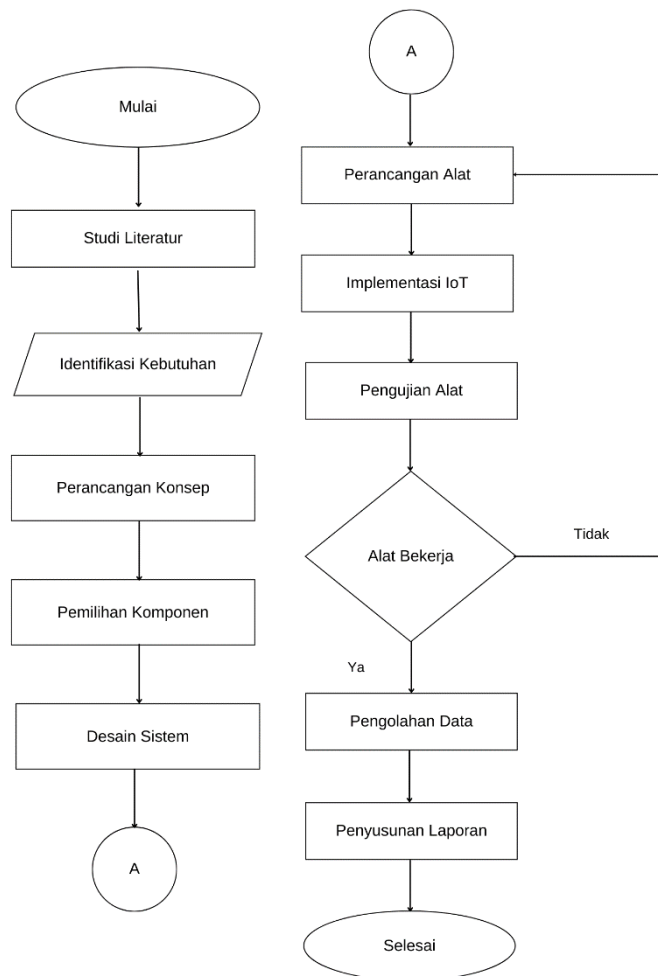
Gambar 3. 1 Pendekatan *Waterfall*

Tahapan analisis kebutuhan (*Requirements Analysis*) merupakan tahapan pertama pada pendekatan *Waterfall*. Pada penelitian ini analisis dilakukan dalam rangka mengidentifikasi kebutuhan pemantauan dan kontrol pada akuarium mulai

dari analisis kebutuhan perangkat lunak hingga kebutuhan perangkat keras. Selain itu, dilakukannya juga analisis kondisi lingkungan yang mempengaruhi keefektifannya pemeliharaan ikan hias pada akuarium. Selanjutnya merupakan tahapan desain (*System and Software Design*). Pada tahap ini dilakukan rancang konsep sistem *monitoring* dan kontrol pada teknologi IoT. Selain itu, tahap ini juga akan menentukan spesifikasi teknis seperti sensor – sensor, perangkat lunak dan perangkat keras yang diperlukan serta melakukan desain *interface*. Selanjutnya merupakan tahap implementasi (*Implementation*) yang merupakan proses pengkodean dan juga implementasi pada *software* yang desainnya telah dilakukan sebelumnya. Pada tahap ini, peneliti akan melakukan pengkodean dengan bahasa pemrograman C++ sesuai dengan *software* yang dibutuhkan. Setelah tahap implementasi, dilakukan pengujian yang sesuai dengan persyaratan sebelumnya atau tahap pengujian (*Testing*). Parameter yang diuji pada penelitian kali ini diantara lain, kekeruhan air dan volume pakan serta pembuatan sistem pakan otomatis. Selanjutnya merupakan tahap pemeliharaan (*Maintenance*). Pada tahap ini dilakukan pemeliharaan rutin, pembaruan serta perbaikan jika adanya *bug* atau *error* pada saat dilakukannya pengujian pada tahap sebelumnya. Tahap ini sangat diperlukan terhadap produk untuk memastikan kinerja yang optimal.

3.2 Alur Penelitian

Alur penelitian merupakan langkah- langkah sistematis agar penelitian dapat dilaksanakan terstruktur. Pada Gambar 3.2 adalah alur dari penelitian yang dilakukan.



Gambar 3. 2 Alur Penelitian Sistem Akuarium Cerdas

3.3 Deskripsi Umum Sistem

Deskripsi umum sistem akuarium cerdas dengan teknologi IoT untuk pemantauan dan pengendalian lingkungan akuarium meliputi perancangan dan pembuatan prototipe dengan teknologi IoT. Penelitian ini dilakukan pada 1 akuarium dengan ukuran 32x21x26 cm yang dipasang dengan beberapa sensor seperti sensor *turbidity* SKU SEN0189, sensor pH meter 4502C dan sensor *ultrasonik* HC-SR04 yang akan diintegrasikan ke aplikasi Kodular.

Pada sistem ini, mikrokontroler akan diintegrasikan ke aplikasi Kodular yang dapat diunduh pada ponsel Android oleh pemilik akuarium dengan menampilkan data hasil sensor *turbidity* yaitu nilai kekeruhan, sensor pH yaitu nilai pH, sensor

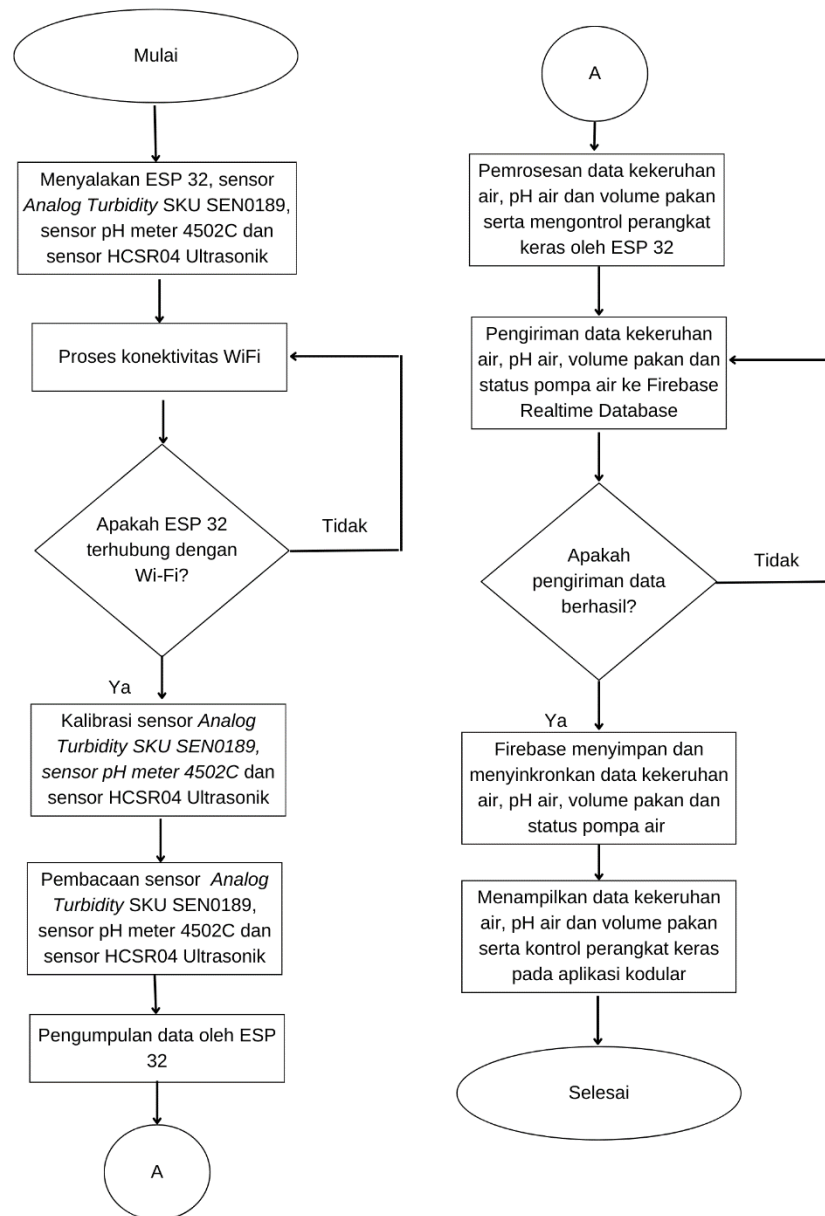
ultrasonik yaitu nilai volume pakan yang tersisa, adanya tombol untuk mengaktifkan pengurusan akuarium secara jarak jauh. Selain itu, sistem ini akan diintegrasikan ke *website* Firebase yang bisa diakses dimana pun dengan menampilkan *real-time database*. Penelitian ini menggunakan teknologi IoT dalam pengaplikasiannya karena adanya sistem pemantauan dan pengendalian jarak jauh yang dapat diakses dengan koneksi internet oleh para pemilik akuarium. Hal ini dapat memudahkan para pemilik akuarium untuk mengurus biota akuatik yang terdapat pada akuarium.

Pada perancangan prototipe sistem akuarium cerdas dengan teknologi IoT yang terhubung dengan mikrokontroler menggunakan *chip* ESP32, servo sebagai mekanik dan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur volume pakan dalam tangki, sensor *turbidity* SKU SEN0189 untuk mengukur tingkat turbiditas (kekeruhan) air dalam akuarium, sensor pH meter 4502C untuk mengukur keasaman air akuarium dan *relay 2 channel* yang dihubungkan dengan pompa untuk pengurusan air. Selain itu, penelitian ini memakai *software* untuk mengintegrasikan alat menjadi teknologi IoT dengan menggunakan Arduino IDE.

Untuk mendukung fungsionalitas dari aplikasi Kodular, maka *database* Firebase digunakan sebagai *backend* untuk menyimpan dan mengelola data sensor secara *real-time*. Aplikasi Kodular ini akan menampilkan data dari Firebase yang memungkinkan pemilik akuarium untuk memantau kondisi akuarium dan mengontrol perangkat keras seperti pompa air dari jarak jauh melalui internet. Pada sistem akuarium cerdas memakai pompa untuk melakukan sistem pengurusan manual melalui aplikasi. Saat tombol pompa pada aplikasi Kodular dinyalakan maka *relay* akan aktif dan pompa akan memulai pengurusan air, sedangkan saat selesai pengurusan tombol pompa ditekan maka *relay* akan mati dan pompa akan menghentikan proses pengurusan. Dengan menggunakan Firebase maka memungkinkan sinkronisasi data secara *real-time* antara aplikasi Kodular dengan perangkat IoT yang terhubung, maka pemilik akuarium dapat memastikan lingkungan akuarium tetap optimal tanpa harus berada di dekat akuarium setiap saat.

3.4 Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan alur sistem yang bekerja selama penelitian berlangsung. Pada Gambar 3.3 merupakan alur sistem sistem akuarium cerdas pada penelitian.

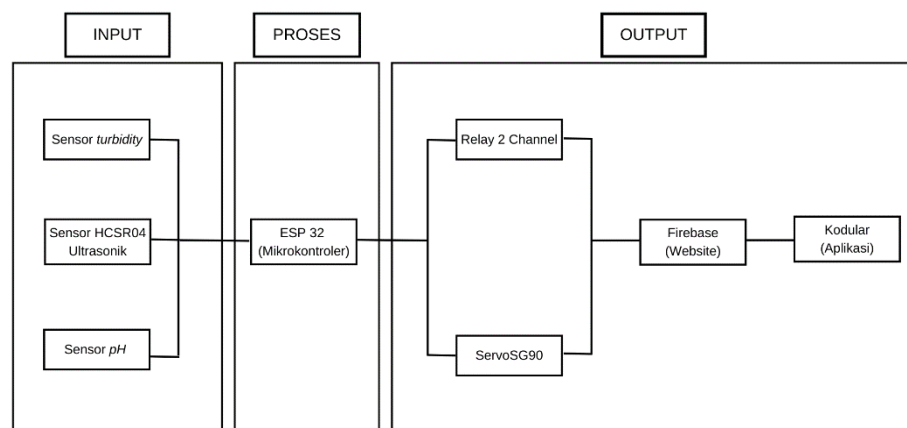


Gambar 3. 3 Alur Sistem Akuarium Cerdas

Pada Gambar 3.3 dijelaskan bahwa alur sistem pada sistem akuarium cerdas dimulai dengan menyalakan Module Wi-Fi ESP32 yang dipasang pada PCB serta tiga sensor yaitu sensor analog *turbidity* SKU SEN0189, sensor pH meter 4502C

dan sensor Ultrasonik HC-SR04. Setelah itu, dilakukan konektivitas *device* dan wi-fi. Jika Module Wi-Fi ESP32 tidak dapat terhubung ke *device* dan wi-fi maka harus melakukan konektivitas ulang hingga Module Wi-Fi ESP32 terhubung dan bisa terdeteksi oleh *device*. Jika Module Wi-Fi ESP32 dapat terhubung ke wi-fi maka dilakukan kalibrasi sensor *analog turbidity* SKU SEN0189, sensor pH meter 4502C dan sensor ultrasonik HC-SR04, setelah itu proses pembacaan sensor *analog turbidity* SKU SEN0189, sensor pH meter 4502C dan sensor HC-SR04 Ultrasonik. Selanjutnya ialah pengumpulan data oleh ESP32 dan dilanjutkan oleh pemrosesan data oleh ESP32. Data sensor yang telah diproses dikirim ke Firebase *Real-time Database* oleh ESP32. Jika data dapat terkirim maka dilanjutkan ke proses selanjutnya, jika tidak berhasil maka harus melakukan pengiriman ulang. Setelah berhasil, maka Kodular akan menampilkan data kondisi akuarium yang diambil dari Firebase dan pemilik kuarium dapat memonitoring serta mengontrol akuarium melalui aplikasi Kodular.

Selain alur sistem pada sistem akuarium cerdas pada Gambar 3.3, dibutuhkan juga diagram blok untuk menentukan alur perancangan alat seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Diagram Blok Alur Perancangan Alat

Pada diagram blok pada Gambar 3.4, ada terdapat 3 (tiga) bagian yaitu bagian input, proses dan *output*. Pada bagian pertama yaitu input, melakukan pemasangan *sensor turbidity* pada akuarium, sensor pH dan sensor ultrasonik, setelah itu kekeruhan, tingkat keasaman dan volume akan terbaca oleh sensor. Selanjutnya ialah bagian proses yaitu proses kerja dari Module Wi-Fi ESP32 yang akan

memproses data sensor yang diterima yaitu kekeruhan, tingkat keasaman dan volume pakan tangki, selain itu ESP32 juga berfungsi untuk mengontrol aktuator seperti *Relay 2 channel* dan ServoSG90 berdasarkan data yang diterima serta perintah yang diberikan melalui aplikasi. Berdasarkan hasil pemrosesan data, ServoSG90 merupakan *output* dari sistem akuarium yang memungkinkan pengendalian dan otomatisasi akuarium. Data yang telah diproses maka akan dikirimkan ke *website* Firebase *Real-time Database* yang memungkinkan sinkronisasi data antara perangkat keras dengan aplikasi yang digunakan yaitu kodular. Selanjutnya, aplikasi Kodular yang telah *diinstal* oleh pengguna *smartphone* maka akan terhubung dengan Firebase *Real-time Database*. Aplikasi Kodular akan menampilkan data sensor secara *real-time* dan menyediakan UI yang dapat mengontrol pompa air untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air dengan aplikasi Kodular.

3.5 Implementasi Sistem

Pada pengimplementasian sistem dibutuhkan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Beberapa perangkat tersebut dibutuhkan untuk mendukung penelitian ini. Berikut merupakan perangkat keras dan perangkat lunak pada Tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Perangkat Keras

No.	Perangkat Keras	Fungsi
1.	Module Wi-Fi ESP32	Mikrokontroler
2.	Sensor Ultrasonik HC-SR04	Sensor jarak untuk mengukur volume pakan
3.	Sensor <i>Turbidity</i> DF Robot SKU SEN0189	Sensor untuk mengukur kekeruhan air
4.	ServoSG90	Membuka atau menutup pakan ikan
5.	Mekanik Pakan	Memberi pakan ikan
6.	<i>Relay 2 Ch Optocoupler</i>	Mematikan dan menghidupkan pompa air
7.	LCD 16x2	Menampilkan data
8.	Kabel Jumper	Menyambungkan rangkaian

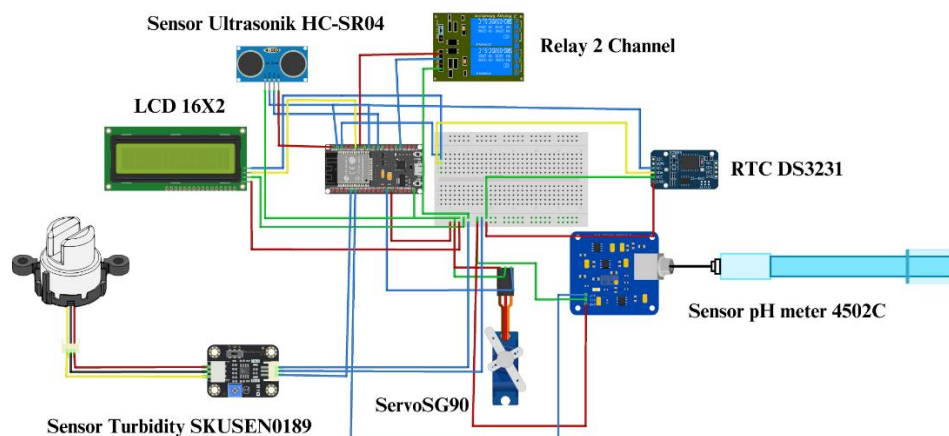
No.	Perangkat Keras	Fungsi
9.	Sensor pH Meter 4502C	Sensor untuk mengukur keasaman air
10.	Module RTC DS3231	Menghitung waktu <i>real-time</i>
11.	Modul LM2596	Menurunkan ke tegangan yang lebih rendah

Pada Tabel 3.1 dijelaskan beberapa perangkat keras yaitu Module Wi-Fi ESP32, Sensor Ultrasonik HC-SR04, Sensor *Turbidity* DF Robot SKU SEN0189, ServoSG90, mekanik pakan, *relay* 2 Ch optocoupler, LCD 16x2, sensor pH meter 4502C, Module RTC DS3231, Modul LM2596 dan kabel jumper. Selain itu diperlukan perangkat lunak untuk menjalankan program prototipe. Perangkat lunak pada penelitian ini tercantum pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Perangkat Lunak

No.	Perangkat Lunak	Fungsi
1.	Arduino IDE	Memprogram prototipe
2.	Fritzing	Membuat skematik sistem
3.	Kodular	Menampilkan data hasil pengujian

Pada Tabel 3.2 perangkat yang dicantumkan digunakan dari tahap perancangan hingga tahap analisis hasil data. Dengan perangkat- perangkat tersebut, dapat ditampilkan skematik sistem pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Skematik Sistem

Pada Gambar 3.5 menampilkan skematik sistem yang akan dibuat untuk penelitian sistem akuarium cerdas dengan teknologi IoT terdapat beberapa alat yang dihubungkan dengan Module Wi-Fi ESP32 di antara lain ialah sensor *Turbidity* SKU SEN0189, sensor Ultrasonik HC-SR04, sensor pH meter 4502C servo SG90 dan *relay*. Setelah memperoleh data dari beberapa sensor lalu diintegrasikan dengan pemrograman pada Arduino IDE hasilnya akan dapat dilihat di aplikasi Kodular dan Firebase. Tabel interkoneksi pin pada desain skema sistem akuarium cerdas pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Interkoneksi Pin

Pin	Modul	Fungsi
GPIO 12 (Control Pin)	Servo SG90	Sebagai output dari Servo SG90
GPIO 21 (SDA)	LCD 16x2	Sebagai jalur data untuk komunikasi I2C yang menghubungkan RTC dan LCD ke ESP32
GPIO 22 (SCL)		Jalur clock untuk komunikasi I2C yang menghubungkan RTC dan LCD
GPIO 18 (Trig Pin)	Sensor Ultrasonik HC-SR04	Sebagai output sensor volume pakan dari HC-SR04
GPIO 19 (Echo Pin)		Sebagai input sensor volume pakan dari HC-SR04
GPIO 2 (Control Pin)	<i>Relay 2 Channel</i>	Sebagai <i>output</i> dari <i>relay 2 channel</i>
GPIO 35 (Analog Pin)	Sensor pH meter 4502C	Sebagai input dari sensor pH meter 4502C
GPIO 34 (Analog Pin)	<i>Turbidity</i> Sensor SKU SEN0189	Sebagai input dari <i>turbidity</i> sensor
GPIO 22 (SDA)	RTC	Sebagai jalur untuk mengirim dan menerima data ke perangkat I2C

Pin	Modul	Fungsi
GPIO 23 (SCL)		Menyinkronkan <i>transfer</i> data antara perangkat I2C

Pada Tabel 3.3 terdapat beberapa pin pada ESP32 yang dikoneksikan ke semua modul untuk berbagai keperluan. Diantaranya pada GPIO 12 berfungsi sebagai pin kontrol yang menghubungkan ke ServoSG90 dan berperan sebagai *output* untuk menggerakkan servo. GPIO 21(SDA) dan GPIO 22 (SCL) yang digunakan untuk jalur komunikasi I2C, dimana pada GPIO 21 berfungsi sebagai jalur data yang menghubungkan RTC dengan LCD, sedangkan pada GPIO 22 berfungsi sebagai jalur *clock* untuk komunikasi yang sama. Selanjutnya, pada sensor Ultrasonik HC-SR04 menggunakan dua pin yaitu GPIO 18 yaitu sebagai pin *trig* yang berfungsi untuk *output* yang mengirimkan sinyal dan GPIO 19 sebagai pin *echo* yang berfungsi sebagai input untuk menerima sinyal pantulan dan mengukur volume pakan. Pada *relay 2 channel*, GPIO 2 digunakan sebagai pin kontrol yang menghubungkan ke *relay 2 channel* dan berfungsi sebagai *output* untuk mengontrol *relay* tersebut. Selanjutnya, pada GPIO 35 berfungsi sebagai pin analog yang menghubungkan ke sensor pH meter 4502C dan berperan sebagai input untuk membaca tingkat keasaman air. Pada GPIO 34 berfungsi sebagai pin analog yang menghubungkan ke sensor *turbidity* SKU SEN0189 berperan sebagai input untuk membaca tingkat kejernihan air.

Selain skematik sistem yang telah dirancang untuk kebutuhan penelitian, dibutuhkan juga skema aplikasi untuk menampilkan data hasil yang telah diuji oleh sensor. Pada aplikasi sistem akuarium cerdas memiliki 2 *screen* yaitu pada *screen 1* ialah *login screen* atau *authentication screen*, yang berfungsi mengautentikasi pengguna sebelum pengguna dapat mengakses fitur dalam aplikasi. Selanjutnya adalah *screen 2* merupakan *dashboard* atau *main screen*. Berikut pada Gambar 3.6 merupakan *screen 1* pada aplikasi sistem akuarium cerdas.



Gambar 3. 6 Tampilan *Login Screen* pada aplikasi

Pada Gambar 3.6 merupakan *screen 1* terdapat judul, logo, nama, program studi, universitas, dan *button* untuk masuk. Jika pengguna menekan *button* tersebut maka akan masuk ke *screen 2* dan telah terautentikasi. Selanjutnya pada Gambar 3.7 merupakan tampilan pada *screen 2*.



Gambar 3. 7 Tampilan *Main Screen* pada Aplikasi

Pada Gambar 3.7 terdapat dua bagian yaitu bagian *Monitoring* dan *Controlling*. Bagian *Monitoring* dicantumkan data nilai pH, keadaan air, volume pakan dan

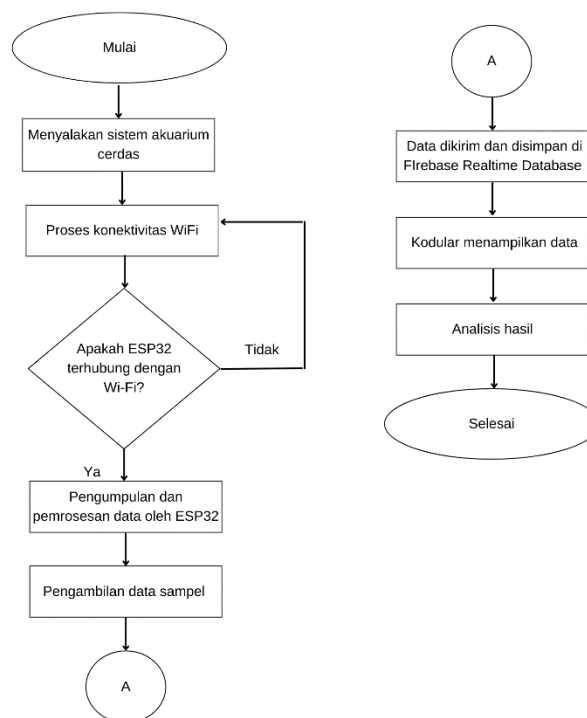
waktu pakan. Selanjutnya, pada bagian *Controlling* atau Kontrol, terdapat *button* untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air pada akuarium. Pada *button* tersebut pemilik akuarium dapat mengaktifkan dan menonaktifkan pompa air sesuai dengan kebutuhannya. Jika diaktifkan maka tombol akan berwarna merah, jika nonaktif maka tombol akan berwarna hijau.

3.6 Pengujian Sistem Akuarium Cerdas

Pada bagian pengujian sistem akuarium cerdas akan menjelaskan bagaimana proses pengujian dan analisis yang dilakukan untuk melihat kinerja sistem selama penelitian.

3.6.1 Alur Pengujian Sistem

Pada bagian alur pengujian sistem bertujuan untuk menjelaskan alur pengujian sistem secara bertahap yang meliputi diagram alur pengujian sistem pada sistem akuarium cerdas. Pada Gambar 3.8 merupakan alur pengujian sistem akuarium cerdas pada penelitian yang dilakukan sebagai berikut:



Gambar 3. 8 Alur Pengujian Sistem Akuarium Cerdas

Pada Gambar 3.8 menjelaskan alur pengujian sistem akuarium cerdas yang akan dilakukan pada penelitian. Alur ini berfungsi untuk memastikan bahwa sensor-sensor yang telah diintegrasikan memberikan data yang akurat. Alur pengujian

sistem dimulai dengan menyalakan sistem akuarium cerdas. Sistem ini dinyalakan dengan memasang adaptor untuk menyalakan *power*. Setelah sistem sudah nyala, dilakukan proses konektivitas WiFi. Jika ESP32 telah tersambung maka LED berwarna biru akan menyala dan menandakan telah tersambung, tetapi jika ESP32 tidak tersambung dilakukan konektivitas ulang dengan menyalakan kembali sistem. Setelah ESP32 tersambung, maka dilakukan pengumpulan dan pemrosesan data oleh ESP32 dan dilanjutkan dengan pengambilan data sampel. Data sampel tersebut akan dikirimkan ke Firebase dan disimpan yang akan tertampil pada Firebase secara *real-time*. Jika data telah tersimpan maka Kodular akan menampilkan data dan nilai data tersebut akan dianalisis sesuai dengan kebutuhan.

3.6.2 Skenario Pengujian Sistem

Pada sistem akuarium cerdas pengujian sistem keseluruhan dilakukan dengan pengujian *black box*. Pengujian *black box* berfokus pada pengujian fungsionalitas perangkat lunak dengan mendeteksi kesalahan dalam fungsi, performa, inisialisasi dan antarmuka (Setiawan & Sulistyasni, 2024). Pada Tabel 3.4 merupakan skenario pengujian yang telah dirancang pada penelitian.

Tabel 3. 4 Skenario Pengujian Sistem

Skenario	Hasil yang diharapkan	Hasil pengujian	
		Ya	Tidak
Menyalakan sistem akuarium cerdas dan LED menyala sebagai tanda	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Warna merah pada ESP32 ▶ Warna merah pada sensor turbidity SKU SEN0189 ▶ Warna hijau pada sensor pH 4502C ▶ Warna merah pada RTC DS3231 ▶ Warna merah pada modul LM2596 		

Skenario	Hasil yang diharapkan	Hasil pengujian	
		Ya	Tidak
Sistem akuarium cerdas terhubung dengan koneksi internet	Warna biru menyala pada ESP32		
Sensor ultrasonik HC-SR04 membaca nilai volume pakan	Nilai volume pakan terbaca pada LCD, Firebase dan Kodular.		
Sensor turbidity SEN0189 membaca nilai kekeruhan air	Status kekeruhan air terbaca pada LCD, Firebase dan Kodular.		
Sensor pH4502C membaca nilai pH air	Nilai pH air terbaca pada LCD, Firebase dan Kodular.		
LCD menampilkan nilai parameter	Nilai parameter fisik berhasil ditampilkan oleh LCD		
Firestore menampilkan nilai parameter	Nilai parameter fisik berhasil ditampilkan oleh Firestore		
Kodular menampilkan nilai parameter	Nilai parameter fisik berhasil ditampilkan oleh Kodular		
Kodular dapat mengontrol pompa air	Pompa air dapat berfungsi saat <i>button</i> diaktif/nonaktifkan		

3.6.3 Pengujian Fungsionalitas Sensor

Pengujian fungsionalitas sensor berfungsi untuk memastikan suatu alat atau sistem dan perangkat lunak dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan yang ditentukan. Pada pengujian fungsionalitas akan menguji masing-masing sensor dan sistem dan memastikan sensor atau alat memiliki hasil akurasi yang dapat divalidasi. Pengujian fungsionalitas akan membandingkan dua pengujian yaitu sensor dan manual. Dengan pengujian manual tersebut maka akan didapatkan nilai *error* dan nilai akurasi yang dihasilkan oleh sensor. Pengujian manual akan dihitung sampai memiliki hasil persentase. Setelah mendapat hasil persentase secara manual, maka akan dihitung *error rate* dari kedua hasil pengukuran yaitu pengukuran sensor dan

pengukuran manual. Untuk menghitung *error rate* untuk persentase, ialah sebagai berikut:

$$\text{Error Rate} = \frac{(\text{Persentase Sensor} - \text{Persentase Referensi})}{\text{Persentase Referensi}} \times 100\%$$

Pada persamaan tersebut, dinyatakan bahwa:

- ▶ Persentase Sensor merupakan nilai persentase yang diukur oleh sensor.
- ▶ Persentase Referensi merupakan nilai persentasi yang diukur secara manual.

Hasil dari *error rate* yang didapatkan maka dapat digunakan untuk mencari keakuratan dari hasil sensor dengan hasil perhitungan manual (Ivory, 2021). Keakuratan tersebut menunjukkan bahwa sensor-sensor yang dipakai bekerja sesuai dengan fungsinya atau tidak. Hasil akurasi akan didapatkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{Error Rate}$$

Dengan persamaan tersebut maka hasil akurasi dari sensor dapat ditentukan dan selanjutnya data dikategorikan berdasarkan kategori penilaian validasi. Berbagai organisasi, sektor industri dan institusi penelitian telah mengembangkan standar ISO/IEC 17025 menjadi kategori rentang skor validasi yang dipakai untuk menilai performa alat ukur dan sistem. Maka dari itu, pada Tabel 3.5 merupakan kategori skor validasi sebagai berikut (Rosidin et al., 2022).

Tabel 3. 5 Kategori Skor Validasi

Kategori	Skor Validasi
Tidak Valid	25%-43%
Kurang Valid	44%-62%
Valid	63%-81%
Sangat Valid	82%-100%