

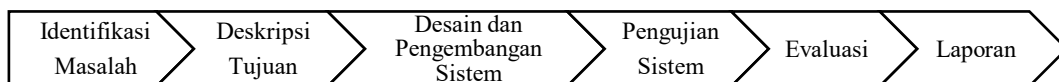
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Dalam merancang dan membangun prototipe sistem *monitoring* pada penelitian berikut menggunakan pendekatan *Design and Development* (D&D). Fokus utama D&D adalah menghasilkan pengetahuan baru sekaligus menguji keabsahan praktik yang sudah ada. D&D merupakan studi terstruktur mengenai proses desain, pengembangan, dan evaluasi untuk membangun dasar empiris dalam menciptakan produk/instrumen baru maupun yang ditingkatkan, beserta panduan pengembangannya menurut penelitian (Ellis & Levy, 2010).

Beberapa studi sebelumnya telah mengadopsi metode *Design and Development* (DND) dalam pengembangan sistem *monitoring* aliran sungai berbasis *Internet of Things* (IoT) dan aplikasi *mobile* untuk mitigasi banjir. Menurut penelitian Abdulbaqi dkk., (2024) mengembangkan sistem *monitoring* sungai berbasis IoT yang mencakup perancangan dan implementasi prototipe sistem secara menyeluruh. Sedangkan menurut penelitian yang dilakukan oleh Permatasari dkk., (2023) mengembangkan prototipe sistem kontrol gerbang air berbasis IoT untuk pencegahan banjir di wilayah Bandung, dengan fokus pada desain dan pengujian sistem secara langsung. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Satria dkk., (2018) merancang sistem *monitoring* banjir berbasis IoT menggunakan sensor ultrasonik dan rain sensor, serta mengembangkan sistem informasi berbasis web untuk akses data ketinggian air dan kondisi cuaca hujan. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode DND efektif dalam menghasilkan prototipe sistem yang dapat diuji dan dievaluasi secara langsung, sesuai dengan tujuan penelitian yang berfokus pada pengembangan solusi praktis untuk mitigasi banjir.



Gambar 3. 1 Alur Proses *Design and Development*

Gambar 3.1 menyajikan alur proses metode penelitian *design and development*. Tahap *design and development* bermula dengan melakukan analisis atau identifikasi terhadap masalah yang terjadi. Setelah melakukan identifikasi

masalah, tahap selanjutnya adalah melakukan desain. Desain yang dibuat adalah konsep untuk menyelesaikan masalah yang sudah diidentifikasi. Berdasarkan konsep yang telah dirancang, akan dikembangkan menjadi sebuah prototipe. Prototipe tersebut nantinya akan digunakan dan diimplementasikan terhadap masalah yang ada. Dari implementasi tersebut prototipe akan diuji dan dievaluasi untuk memastikan bahwa perancangan dan pengembangan yang diusulkan efektif dalam menangani masalah. Evaluasi akan digunakan untuk menyempurnakan prototipe agar meningkatkan kinerjanya.

3.1.1 Identifikasi Masalah

Tahap analisis dalam metodologi *Design and Development* (D&D) merupakan langkah awal untuk memahami kebutuhan, permasalahan, serta spesifikasi sistem sebelum solusi dirancang. Pada tahap berikut, peneliti menelaah konteks lapangan, meninjau keterbatasan solusi yang telah ada, dan merumuskan kebutuhan pengguna beserta persyaratan teknis yang wajib dipenuhi agar prototipe sistem *monitoring* aliran sungai yang dibangun benar-benar relevan dan dapat dioperasikan di lingkungan nyata.

Permasalahan yang menjadi fokus penelitian adalah kebutuhan untuk meningkatkan keandalan sistem pemantauan banjir dari metode *manual* di lokasi menjadi sistem *mobile* yang dapat diakses dari jarak jauh, serta keterbatasan sistem peringatan dini yang belum sepenuhnya responsif dan terintegrasi ke dalam aplikasi berbasis *website* maupun *Android*. Penelitian-penelitian sebelumnya yang berbasis *Internet of Things* (IoT) umumnya masih terbatas pada tahap pengukuran dasar, menggunakan sensor dan aktuator minimalis seperti *buzzer* kecil dan LED kecil yang tidak efektif untuk implementasi di lapangan, serta hanya terhubung ke satu jenis *platform* aplikasi, baik itu *website* ataupun *Android* atau langsung mengirimkan ke sosial media, baik itu telegram ataupun sms. Selain itu, sebagian besar prototipe sebelumnya belum diuji secara langsung pada lingkungan sungai, sehingga belum terbukti keandalannya dalam kondisi nyata. Evaluasi terhadap studi-studi tersebut menunjukkan kebutuhan akan sistem yang terintegrasi penuh dari pemantauan hingga pengiriman peringatan yang adaptif terhadap perubahan kondisi lingkungan, mampu mencatat data secara rinci untuk analisis historis, serta

tetap sederhana dan tahan terhadap kondisi lapangan. Prototipe yang dikembangkan dalam penelitian berikut dirancang untuk menjawab kekurangan tersebut, dengan kemampuan implementasi langsung di sungai dan integrasi pada aplikasi *platform website* dan *Android*, sehingga lebih aplikatif dan siap digunakan dalam skenario nyata.

3.1.2 Objek Penelitian

Objek penelitian yang telah dilakukan adalah aliran sungai yang terletak di Jl. Merak IV Blok A1 No.38, RT.006/RW.005, Kelurahan Pinang, Kecamatan Pinang, Kota Tangerang, Banten 15145. Sungai tersebut berada pada bagian tengah aliran, bukan di hulu maupun hilir, sehingga berfungsi sebagai jalur transit air dari daerah hulu menuju ke hilir. Kondisi geografis tersebut menyebabkan kawasan penelitian memiliki karakteristik khusus, yaitu adanya potensi peningkatan debit air yang signifikan saat musim hujan akibat akumulasi aliran dari hulu. Keberadaan pemukiman warga yang relatif dekat dengan tepi sungai menjadikan area tersebut rawan terdampak banjir maupun genangan. Oleh karena itu, lokasi tersebut dipilih sebagai objek penelitian untuk mengembangkan sistem monitoring aliran sungai berbasis IoT dan aplikasi mobile, dengan tujuan memberikan informasi dini serta mendukung upaya mitigasi bencana banjir di lingkungan sekitar.



Gambar 3. 2 Sungai Objek Penelitian

3.1.3 Deskripsi Tujuan

Tujuan penelitian berikut adalah membangun prototipe sistem *monitoring* aliran sungai berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan aplikasi *mobile* dan *website* untuk mendukung upaya mitigasi banjir secara *real-time* dan adaptif. Sistem berikut dikembangkan untuk menjawab keterbatasan dari pendekatan sebelumnya, sekaligus menghadirkan peningkatan pada dua aspek utama. Aspek pertama adalah keandalan teknis, yang dievaluasi melalui akurasi pengukuran ketinggian muka debit air, pengukuran kecepatan arus air, pengukuran status hujan atau tidaknya di sekitar prototipe sistem *monitoring*, kestabilan transmisi data ke *server*, kecepatan sistem dalam memberikan peringatan dini, serta keberlanjutan pencatatan data historis. Aspek kedua adalah keterpakaian sistem dalam konteks mitigasi, yang ditunjukkan melalui kemampuan sistem memberikan peringatan visual dan audio secara otomatis, kemudahan akses informasi melalui aplikasi *mobile* dan *website*, serta kesesuaian sistem untuk diterapkan langsung pada lokasi sungai dengan kondisi lingkungan yang dinamis. Dengan demikian, prototipe yang dikembangkan tidak hanya mengatasi kekurangan integrasi sensor dan notifikasi pada penelitian terdahulu, tetapi juga menyediakan landasan awal untuk pengujian lapangan secara berkelanjutan dan pengembangan sistem mitigasi bencana berbasis teknologi yang lebih luas di masa mendatang.

3.1.4 Desain dan Pengembangan Sistem

Pada tahap pengembangan sistem menggunakan metodologi prototipe sebagai pendekatan dalam pengembangan sistem. Metodologi pengembangan tersebut dipilih karena dinilai mampu memberikan fleksibilitas tinggi dalam merancang sistem yang sesuai dengan kebutuhan pengguna akhir dan kondisi lapangan yang mungkin terus berubah. Menurut Aditya dkk., (2021) metode prototipe merupakan strategi yang menekankan pada pembuatan model awal atau purwarupa dari sistem yang akan dikembangkan. Prototipe tersebut digunakan untuk mengeksplorasi dan memperlihatkan berbagai aspek penting dari sistem, sehingga memungkinkan peneliti maupun pengguna untuk memberikan masukan sebelum sistem final dibangun. Dalam proses penelitian berikut data dikumpulkan menjadi dua sumber yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh

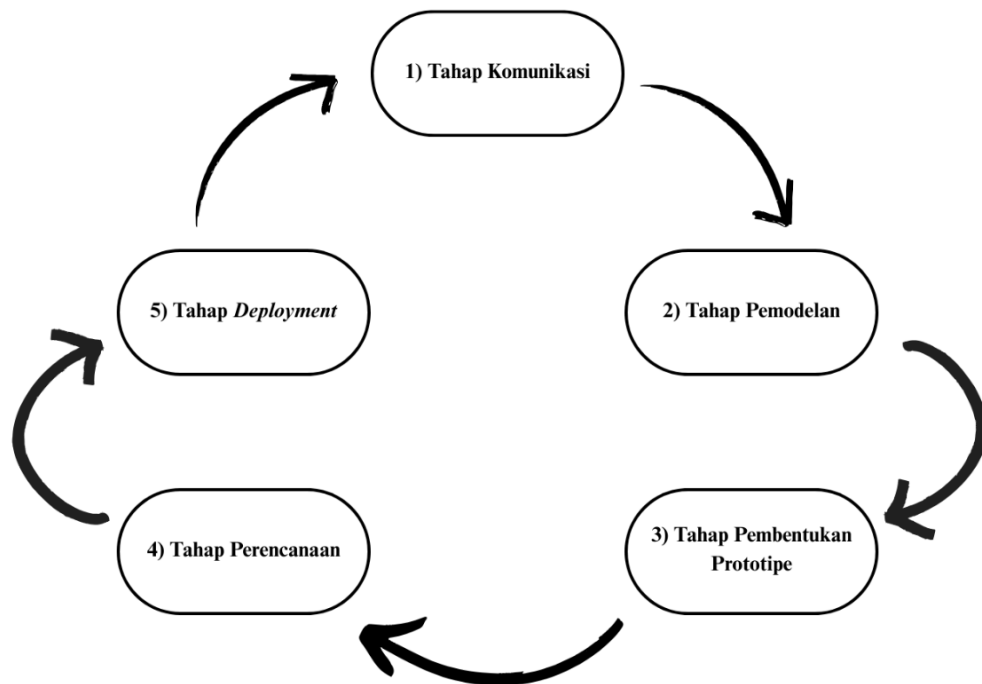
langsung dari hasil pengujian sensor dan implementasi perangkat, sedangkan data sekunder diperoleh dari literatur, jurnal, maupun penelitian sebelumnya yang relevan. Kedua jenis data tersebut berfungsi sebagai landasan dalam merumuskan teori, menentukan metode penelitian, serta menjadi acuan dalam proses pengembangan sistem.

Metode prototipe dipilih karena mampu mengubah ide atau konsep menjadi bentuk nyata dalam waktu yang relatif cepat. Proses transformasi dari rancangan ke implementasi sangat bermanfaat, terutama ketika dibutuhkan umpan balik langsung dari pengguna untuk menyesuaikan sistem. Hal tersebut memudahkan peneliti untuk melakukan evaluasi awal, perbaikan, maupun penyempurnaan sistem secara bertahap berdasarkan hasil uji coba yang diperoleh.

Berdasarkan penelitian, Aditya dkk., (2021) Terdapat lima tahapan utama dalam metode prototipe yang digunakan pada penelitian berikut, yaitu:

1. Tahap Komunikasi, yang berfokus pada identifikasi kebutuhan sistem melalui diskusi dengan pengguna atau analisis kebutuhan.
2. Tahap Perencanaan, yang mencakup penentuan tujuan, spesifikasi, serta rancangan awal.
3. Tahap Pemodelan, berupa pembuatan desain sistem baik dari sisi alur data maupun antarmuka.
4. Tahap Pembentukan Prototipe, yaitu realisasi rancangan dalam bentuk perangkat keras maupun perangkat lunak.
5. Tahap Deployment, meliputi implementasi prototipe, pengujian di lapangan, serta penyempurnaan sistem berdasarkan *feedback* hingga mendekati bentuk final.

Dengan mengikuti tahapan tersebut, penelitian berikut diharapkan dapat menghasilkan sistem yang sesuai dengan kebutuhan, mudah dievaluasi, dan lebih efektif dalam mendukung tujuan utama penelitian. Setiap tahapan saling terintegrasi dan dirancang agar mampu menyesuaikan dengan dinamika yang terjadi selama proses pengembangan berlangsung. Diharapkan, sistem yang dihasilkan tidak hanya layak secara teknis, tetapi dapat memiliki nilai praktis yang tinggi dan siap digunakan dalam skenario nyata.



Gambar 3. 3 Metode Pengembangan Prototipe

a. Instrumen Penelitian

i. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari sumber asli melalui metode pengumpulan data tertentu, seperti pengukuran menggunakan sensor. Dalam konteks penelitian prototipe sistem *monitoring* berikut, terdapat tiga kategori. Data fungsionalitas berguna untuk mengetahui apakah keseluruhan fungsi dari perangkat yang dibuat sudah berfungsi dengan seharusnya. Lalu data sensor AJ-SR04M apakah sudah sesuai dengan data nyata atau tidak. Nilai yang dihasilkan pada sensor AJ-SR04M akan digunakan sebagai validasi nilai yang dihasilkan pada pengujian kinerja alat. Pengujian kinerja prototipe berguna untuk mengetahui implementasi secara langsung baik pada kolam ataupun sungai. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui bagaimana kinerja prototipe sistem *monitoring* yang telah dibuat.

ii. Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan mencari studi literatur terkait penelitian yang relevan. Pada tahapan berikut, melibatkan berbagai sumber seperti toko elektronik, perpustakaan, dan internet. Kemudian, dilakukan analisis data

berdasarkan studi literatur yang ditemukan, sehingga informasi yang digunakan berupa penyusunan kajian pustaka, metode penelitian, dan pengembangan sistem yang dilakukan.

iii. Perangkat Penunjang Penelitian

Pendukung utama dalam penelitian berikut meliputi perangkat keras dan perangkat lunak, perangkat keras yang digunakan diantaranya perangkat prototipe sistem *monitoring*, laptop, dan *smartphone Android* yang terhubung dengan internet. Perangkat lunak yang digunakan diantaranya Arduino IDE, sebagai aplikasi pengembangan dan *debugging* kode, *website Firebase IoT Device Sistem Manager* (FDSM) yang merupakan sebuah aplikasi untuk manajemen perangkat IoT berbasis *Firebase*. Aplikasi tersebut akan digunakan untuk *monitoring* serta menjadi database kondisi ketinggian debit air dari jarak jauh dengan internet, serta aplikasi berbasis *Android* yang dibuat oleh peneliti.

Perangkat keras dan juga perangkat lunak yang digunakan akan dikolaborasikan sehingga dapat mencapai tujuan dari penelitian. Dengan Penggunaan perangkat keras dan perangkat lunak yang tepat, diharapkan penelitian tersebut akan mencapai hasil yang relevan.

b. Tahapan Metode Pengembangan Prototipe

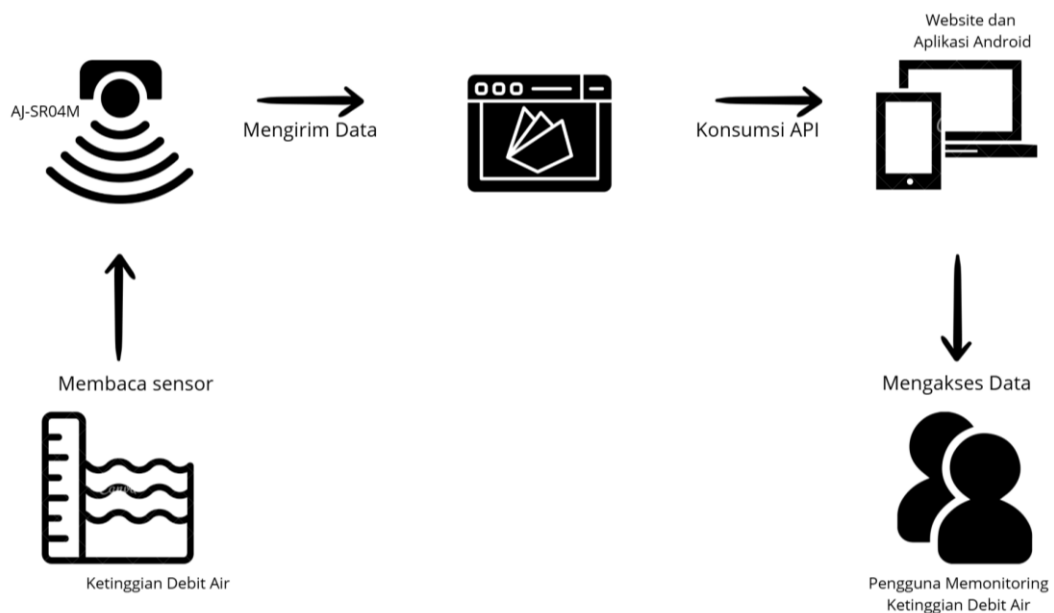
i. Tahap Komunikasi

Metode prototipe merupakan pendekatan yang dimulai dengan interaksi yang intensif antara pihak-pihak yang akan menjadi pengguna sistem dengan tujuan menentukan sasaran keseluruhan dari sistem yang sedang dikembangkan. Dalam konteks tersebut, langkah awal adalah mengidentifikasi kebutuhan yang dibutuhkan oleh pengguna dan menganalisis lingkungan di mana sistem tersebut akan diimplementasikan. Proses berikut melibatkan komunikasi yang menyeluruh, baik dari pihak-pihak terlibat mencari informasi relevan melalui studi literatur, seperti buku, jurnal ilmiah, serta wawancara kepada masyarakat sekitar yang berkaitan dengan masalah prototipe sistem *monitoring* aliran sungai berbasis IoT dan aplikasi mobile untuk mitigasi banjir.

Setelah mengumpulkan informasi, langkah berikutnya melibatkan diskusi mendalam dengan pakar atau ahli dalam bidang penelitian tertentu. Hal tersebut

seringkali melibatkan pertemuan dengan dosen pembimbing penelitian tertentu, di mana permasalahan yang muncul dalam prototipe sistem *monitoring* dibahas secara rinci. Tujuan dari diskusi tersebut untuk menganalisis masalah lebih lanjut, mengevaluasi berbagai solusi yang telah diajukan dan menyusun solusi yang telah teruji melalui proses pengembangan prototipe.

Pada Gambar 3.3 merupakan hasil dari tahapan berikut bukan hanya menyajikan solusi yang dapat diterapkan, tetapi juga memberikan manfaat dalam konteks penelitian yang lebih luas. Arsitektur sistem yang dikembangkan melibatkan penambahan fitur-fitur dan sensor yang akan diterapkan pada sebuah perangkat keras dengan pengguna akhir sebuah *platform website* dan *platform aplikasi Android*. Pertama sensor AJ-SR04M mendeteksi ketinggian debit air, sensor *waterflow* mendeteksi kecepatan arus air, dan *raindrop* untuk mendeteksi turunnya hujan atau tidaknya pada sekitar prototipe sistem *monitoring*. Data-data yang terdeteksi tersebut dikirimkan ke *website* FDSM yang berperan sebagai sebuah *platform* penyimpanan data berbasis *cloud*. Selain *platform website* FDSM tersebut, prototipe sistem *monitoring* juga mengirimkan data ke aplikasi berbasis *Android* untuk mempermudah masyarakat sekitar memantau status air tanpa harus melihat secara manual secara *real-time*.



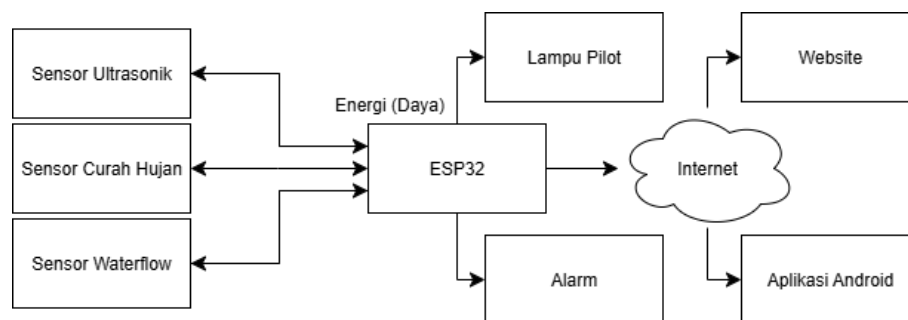
Gambar 3. 4 Ilustrasi Sistem Kerja Prototipe Sistem *Monitoring*

ii. Tahap Perencanaan

Tahap perencanaan dilakukan untuk menganalisis kebutuhan yang diperkirakan agar sistem dapat berjalan sesuai permasalahan yang didefinisikan. Analisis perencanaan yang dilakukan pada penelitian tersebut meliputi perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak.

ii.i Perancangan Perangkat Keras

Beberapa komponen yang diperlukan dalam perancangan perangkat keras, ESP32 berfungsi sebagai pengendali utama untuk mengoordinasikan seluruh komponen yang terhubung dalam sistem. Kemudian, sensor utama yang digunakan untuk memonitor ketinggian debit air pada prototipe sistem *monitoring* adalah AJ-SR04M. Sensor lainnya, seperti sensor *waterflow* untuk mengukur kecepatan arus air, dan sensor *raindrop* untuk menginformasikan status hujan atau tidaknya pada di sekitar prototipe sistem *monitoring*. Pada prototipe sistem *monitoring* berikut, menggunakan protokol *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) digunakan untuk memfasilitasi pertukaran data. HTTP, yang bekerja di dalam lapisan TCP, memungkinkan pengiriman gambar, video, dan data lainnya, menjadikannya salah satu protokol paling umum untuk pertukaran data dalam konteks internet (Awal, 2019). Berikut merupakan sistem blok diagram, dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 5 Block Diagram System

Metode pada Gambar 3.4. di atas, ESP32 yang terhubung ke daya, menerima masukan data dari tiga sensor, yaitu sensor ultrasonik AJ-SR04M untuk data ketinggian air, sensor curah hujan atau sensor *raindrop* untuk data status keadaan hujan di sekitar prototipe sistem *monitoring*, serta sensor *waterflow* untuk mengukur kecepatan arus air. Dari ketiga data sensor tersebut, akan menghasilkan *output* berupa lampu peringatan dan buzzer alarm yang akan aktif saat mencapai

titik ketinggian yang telah ditentukan. Lalu, ESP32 akan mengirim data sensor melalui internet untuk diterima pada *Firestore* dan disimpan dalam *database real-time*, yang kemudian akan ditampilkan pada *website database* selain itu, data *real-time* tersebut dapat dilihat pada aplikasi berbasis *Android*.

Hasil kode ketiga tugas yang telah diperlihatkan pada Gambar 3.4 dapat dilihat pada Gambar 3.5, ketiga tugas tersebut dilakukan secara bersamaan, sehingga tidak perlu saling menunggu untuk menjalankan tugas masing-masing.



```
void loop() {
    unsigned long currentMillis = millis();

    // **Ultrasonik AJ-SR04M**
    digitalWrite(trigPin, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(trigPin, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(trigPin, LOW);
    durasi = pulseIn(echoPin, HIGH);
    jarak = durasi * 0.034 / 2;

    // **Raindrop**
    cuaca = !digitalRead(rainDigital);

    // **DHT11**
    suhu = dht.readTemperature();
    kelembaban = dht.readHumidity();

    // **Waterflow**
    if (currentMillis - previousMillis >= 1000) {
        previousMillis = currentMillis;
        flowRate = (flowPulseCount / 7.5);
        totalLiters += (flowRate / 60.0);
        flowPulseCount = 0;
    }

    // **Kontrol LED & Buzzer**
    if ((jarak >= 1 && jarak <= 30)) {
        // ...
    } else if (...) {
        // ...
    }

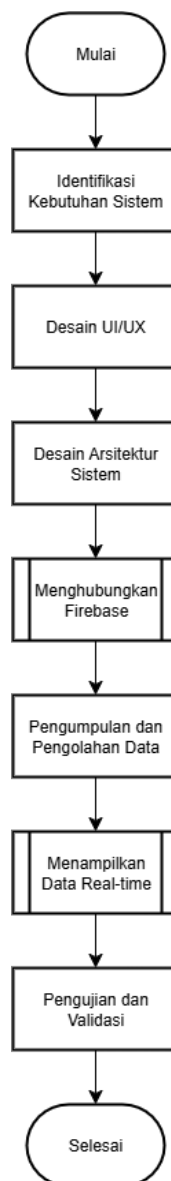
    // **Kirim ke Firebase**
    if (Firestore.ready()) {
        // kirim jarak, flow rate, cuaca, suhu, kelembaban
    }

    delay(500);
}
```

Gambar 3. 6 Penggunaan Milins Untuk Tiga Sensor

ii.ii Perancangan Perangkat Lunak

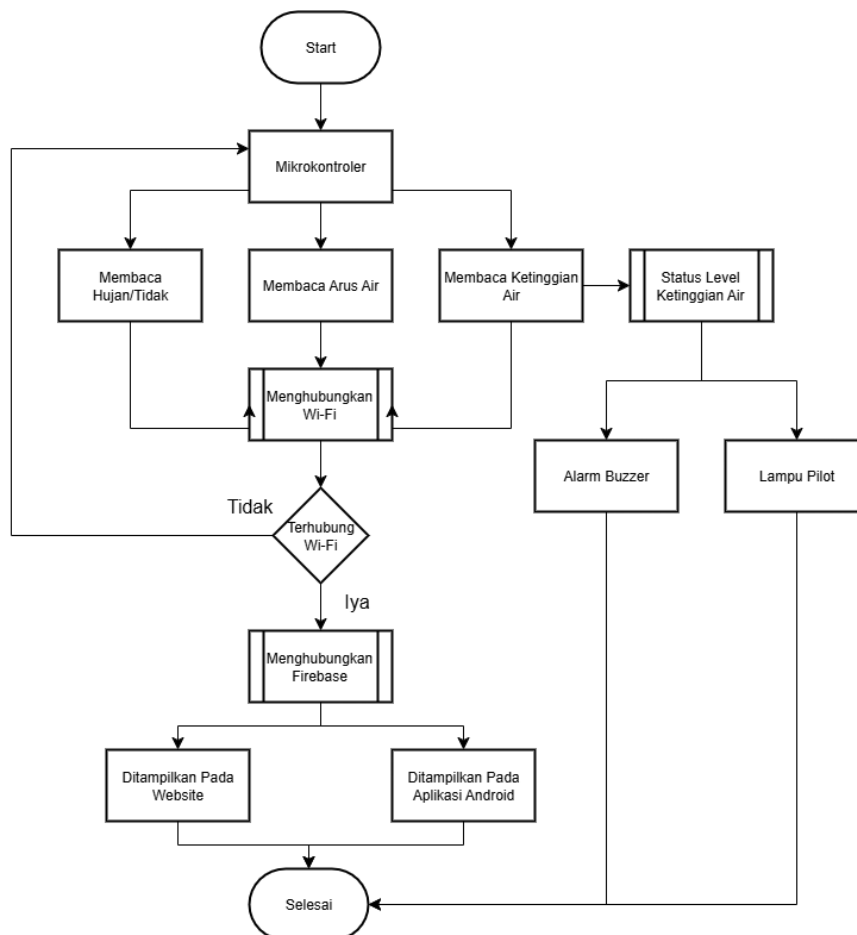
Tahapan berikut mencakup perancangan perangkat lunak yang terwujud dalam bentuk aplikasi *Android* yang terhubung dengan *platform Firebase*. *Firebase* merupakan suatu layanan penyimpanan data yang menggunakan teknologi *cloud*, yang disediakan oleh Google *Firebase* berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Alfian, 2021). Pemilihan teknologi *cloud* untuk penyimpanan data memberikan keunggulan dalam kemampuan akses aplikasi secara *real-time* terhadap data yang tersimpan.



Gambar 3. 7 Perancangan Perangkat Lunak

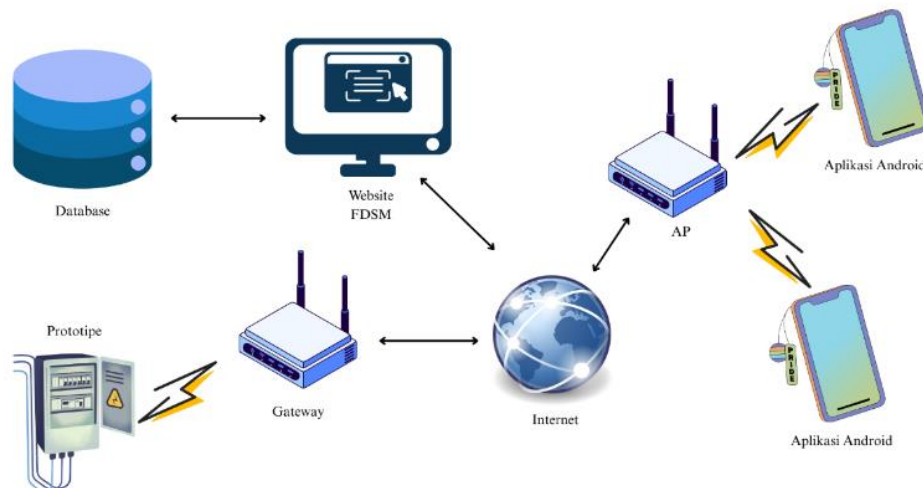
iii. Tahap Pemodelan

Pada tahapan berikut dilakukan penyusunan suatu model skematik sistem yang merangkum integrasi seluruh sensor yang akan diimplementasikan dalam prototipe sistem *monitoring* aliran sungai. Proses berikut melibatkan serangkaian langkah yang terstruktur dan sistematis, meliputi perancangan pembuatan skematik desain ilustrasi arsitektur sistem. Sistem dirancang untuk membaca data ketinggian air, arus air, dan keadaan hujan atau tidaknya lalu dikirim ke *Firebase*. Data tersebut akan ditampilkan pada FSDM dan aplikasi *Android*. Sehingga pengguna dapat mengakses dan memantau status sungai berdasarkan hasil bacaan prototipe sistem *monitoring* dari manapun secara *real-time*. Tahapan berikut bertujuan untuk mempermudah perancangan tata letak serta integrasi seluruh sistem dan memastikan bahwa sistem dapat berjalan dengan baik. Adapun berikut arsitektur dari sistem yang dirancang disajikan pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 8 Diagram Alur Prototipe Sistem *Monitoring*

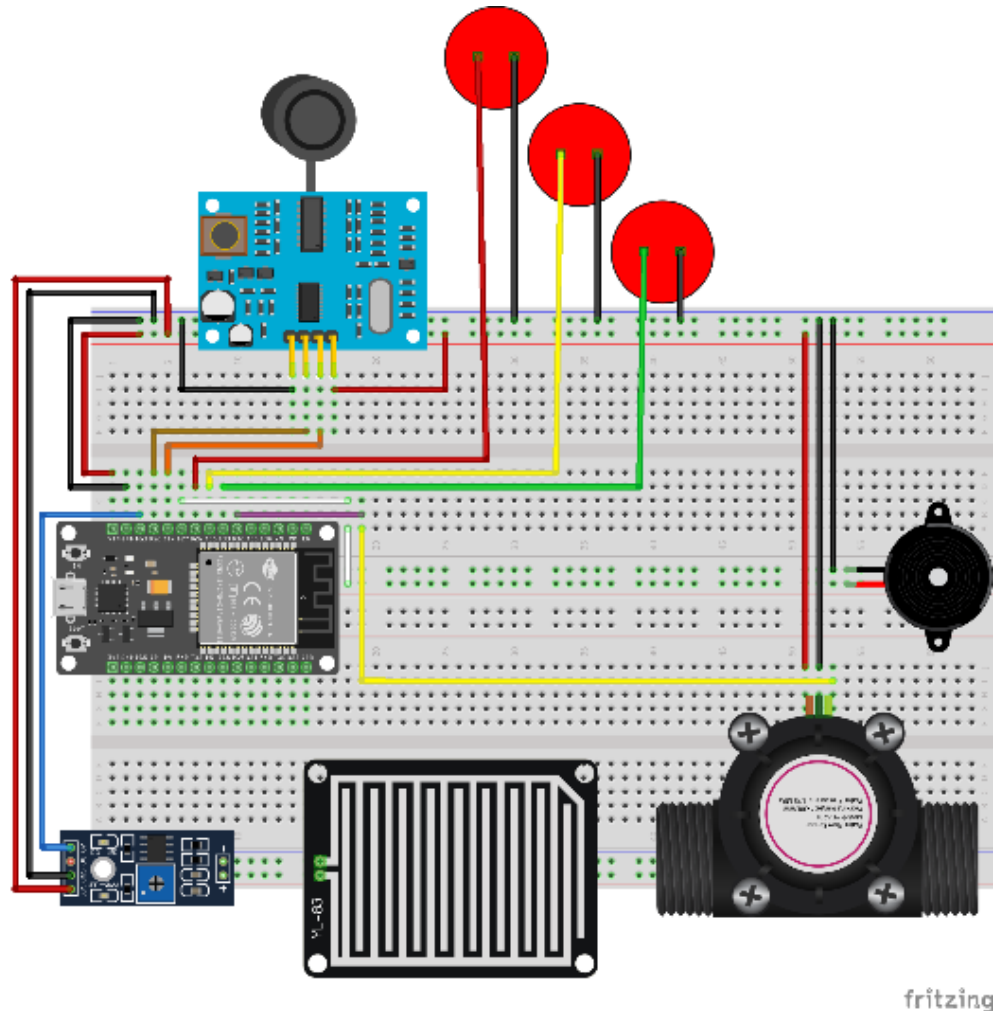
Tugas dengan prioritas utama dalam prototipe sistem *monitoring* berikut merupakan melibatkan pembacaan data dari sensor AJ-SR04M, yang menjadi pembagian parameter tingkat ketinggian air, untuk mengirimkan status aman, waspada, atau bahaya pada aplikasi *Android* serta pada alarm dan lampu pilot. Data ketinggian debit air dikirimkan ke *platform website* FDSM. Selain sensor AJ-SR04M tersebut, sensor *waterflow* yang berfungsi untuk mengukur kecepatan arus air, dan *raindrop* yang berfungsi untuk mengetahui status hujan atau tidaknya disekitar prototipe berfungsi sebagai data pendukung. Selain dikirimkan ke *platform website* FDSM, data yang telah dikirimkan ke *Firestore* tersebut juga akan dapat dipantau secara *real-time* pada aplikasi *Android*.



Gambar 3. 9 Arsitektur Diagram

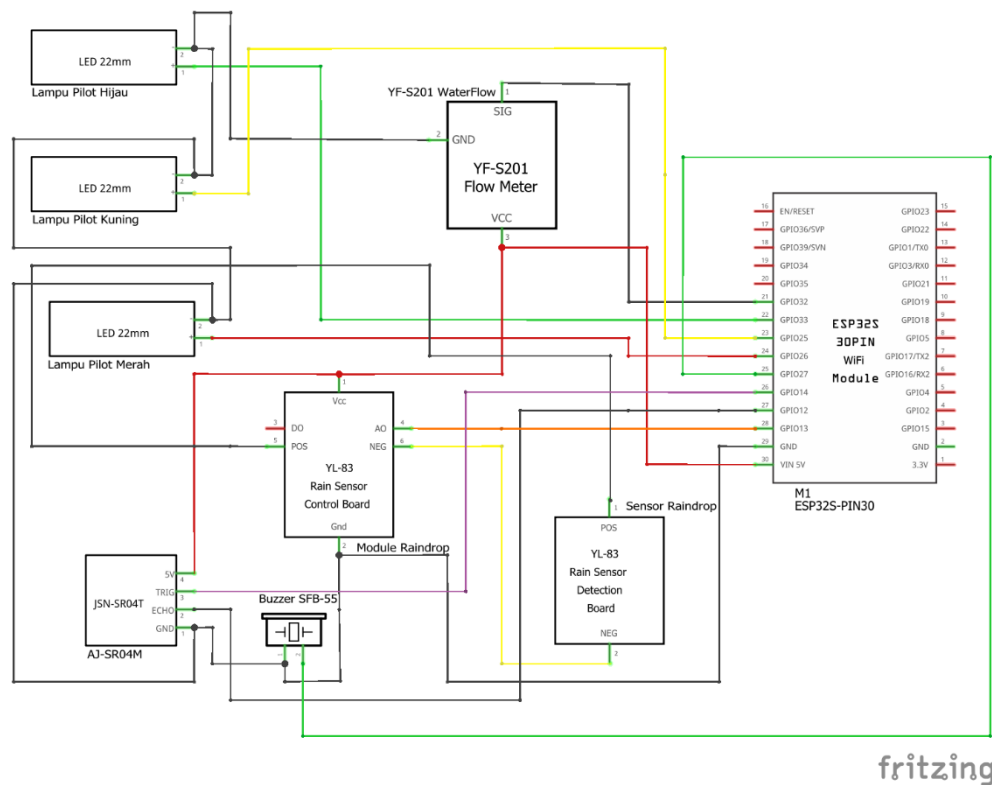
Pada rancangan prototipe, hubungan antar komponen perangkat keras ditunjukkan pada Gambar 3.9 mengenai Wiring Diagram Sistem. Diagram tersebut memperlihatkan susunan mikrokontroler ESP32 yang dihubungkan dengan sensor AJ-SR04M sebagai pengukur ketinggian air, sensor *waterflow* untuk mendeteksi arus aliran air, serta sensor *raindrop* sebagai pendeteksi kondisi hujan atau tidaknya di sekitar prototipe sistem *monitoring*. Selain itu, terhubung pula aktuator berupa buzzer dan tiga lampu pilot yang berwarna merah, kuning, dan hijau yang digunakan sebagai penanda status kondisi air. Penyusunan wiring berikut berfungsi

sebagai pedoman dalam proses perakitan rangkaian, sekaligus mempermudah identifikasi jalur catu daya dan sinyal pada saat dilakukan pengujian.



Gambar 3. 10 Wiring Diagram Prototipe

Selanjutnya, untuk memperjelas pemetaan pin mikrokontroler terhadap sensor dan aktuator yang digunakan, dapat dilihat pada Gambar 3.10 mengenai Skematik Diagram Sistem. Skematik tersebut menampilkan konfigurasi detail jalur *input* dan *output*, meliputi koneksi pin *Trigger* dan *Echo* pada sensor AJ-SR04M, keluaran pulsa dari sensor *waterflow*, serta kanal pembacaan dari sensor *raindrop*. Jalur *output* mikrokontroler dihubungkan ke buzzer dan lampu indikator sebagai peringatan dini kondisi air. Skematik berikut berfungsi sebagai acuan utama dalam proses perakitan, verifikasi koneksi, dan replikasi sistem pada tahap implementasi perangkat keras.



Gambar 3. 11 Skematik Diagram Prototipe

Selanjutnya, untuk memperjelas pemetaan pin mikrokontroler terhadap sensor dan aktuator yang digunakan, dapat dilihat pada Gambar 3.10, mengenai Skematik Diagram Sistem. Skematik tersebut menampilkan konfigurasi detail jalur *input* dan *output*, meliputi koneksi pin *Trigger* dan *Echo* pada sensor AJ-SR04M, keluaran pulsa dari sensor *waterflow*, serta kanal pembacaan dari sensor *raindrop*. Jalur *output* mikrokontroler dihubungkan ke buzzer dan lampu indikator sebagai peringatan dini kondisi air. Skematik berikut berfungsi sebagai acuan utama dalam proses perakitan, verifikasi koneksi, dan replikasi sistem pada tahap implementasi perangkat keras.

iv. Tahap Pembentukan Prototipe

Tahap konstruksi dengan merancang perangkat keras agar seluruh komponen antara ESP32, sensor AJ-SR04M, sensor *waterflow*, sensor *raindrop*, alarm dan lampu pilot dapat terhubung. Hasil pengukuran sensor dikirim dan disimpan pada *platform Firebase* yang dapat dilihat oleh pengguna pada *website FDSM* dan aplikasi *Android*.

v. Tahap *Deployment*

Proses pengembangan dan pengujian akan dilakukan berdasarkan kesesuaian fungsionalitasnya, hal tersebut bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat kesesuaian fungsi alat, sistem *Firebase*, *platform website* FDSM, *platform* aplikasi *Android* dan fungsi secara keseluruhan pada sistem. Pengujian yang diterapkan mencakup pengujian kesesuaian fungsi perangkat, sistem *Firebase*, *platform website* FDSM, dan *platform* aplikasi *Android*.

3.1.5 Pengujian Sistem

Komponen-komponen pada prototipe sistem *monitoring* diuji untuk mengetahui dan mengevaluasi kinerjanya dalam memantau juga mengetahui ketinggian debit air, arus air, serta keadaan hujan atau tidaknya pada sekitar prototipe sistem *monitoring*. Apabila terdapat beberapa ketidak sesuaian maka langkah bisa dimulai kembali pada tahap desain dan pengembangan. Terdapat dua skenario yang digunakan dalam proses uji coba, yaitu pengujian fungsionalitas prototipe dan pengujian kinerja alat. Proses pengujian fungsionalitas alat memiliki tujuan untuk mengetahui apakah alat berfungsi sesuai dengan perancangan. Hal-hal yang ingin diketahui diantaranya yaitu apakah sensor berfungsi dengan baik. Selain itu proses pengujian berikut juga bertujuan untuk mengetahui apakah komponen-komponen lain didalam perangkat berfungsi dengan baik atau tidak. Proses pengujian berikut juga memiliki tujuan untuk mengetahui apakah proses integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak berhasil atau tidak. Setelah mengetahui apakah sistem bekerja dengan baik, maka dilanjutkan pada proses pengujian kedua, apabila tidak maka proses pengembangan dilakukan kembali. *Test case* untuk pengujian fungsionalitas alat dapat dilihat pada Tabel 3.1 sampai Tabel 3.3.

Tabel 3. 1 Uji Coba Kombinasi Sensor

AJ-SR04M (Jarak)	<i>Waterflow</i> (Arus)	<i>Raindrop</i> (Hujan)
0 – 30 cm	Tidak ada	Tidak hujan
0 – 30 cm	Tidak ada	Hujan
0 – 30 cm	Lemah	Tidak hujan
0 – 30 cm	Lemah	Hujan

AJ-SR04M (Jarak)	<i>Waterflow</i> (Arus)	<i>Raindrop</i> (Hujan)
0 – 30 cm	Kuat	Tidak hujan
0 – 30 cm	Kuat	Hujan
31 – 60 cm	Tidak ada	Tidak hujan
31 – 60 cm	Tidak ada	Hujan
31 – 60 cm	Lemah	Tidak hujan
31 – 60 cm	Lemah	Hujan
31 – 60 cm	Kuat	Tidak hujan
31 – 60 cm	Kuat	Hujan
> 60 cm	Tidak ada	Tidak hujan
> 60 cm	Tidak ada	Hujan
> 60 cm	Lemah	Tidak hujan
> 60 cm	Lemah	Hujan
> 60 cm	Kuat	Tidak hujan
> 60 cm	Kuat	Hujan

Tabel 3.1, memperlihatkan *test case* untuk pengujian kombinasi sensor pada prototipe sistem *monitoring*, bertujuan mengetahui apakah sensor-sensor tersebut berfungsi seperti yang sudahh dirancang. Lalu pada Tabel 3.2, diperlihatkan *test case* untuk pengujian perangkat lunak *website*.

Tabel 3. 2 *Black-box website*

Pengujian	Tes Case	Harapan
Dashboard	Membuka dashboard parameter ketinggian debit air	Dapat menampilkan indikator parameter ketinggian debit air
Dashboard	Membuka dashboard parameter arus air	Dapat menampilkan indikator parameter arus air

Pengujian	Tes Case	Harapan
Dashboard	Menampilkan dashboard keadaan cuaca	Menampilkan indikator keadaan cuaca
Ekspor grafik hasil <i>monitoring</i>	Membuka halaman grafik dan mengekspor grafik hasil <i>monitoring</i> sistem	Hasil <i>monitoring</i> sistem dapat disimpan dalam bentuk grafik

Tabel 3.2, memperlihatkan *test case* untuk pengujian perangkat lunak *website*, bertujuan untuk mengetahui apakah *website* sudah terintegrasi dengan prototipe dan berfungsi sebagaimana fungsinya seperti menampilkan parameter berdasarkan sensor-sensor yang telah digunakan. Pada Tabel 3.3, diperlihatkan *test case* untuk pengujian perangkat lunak aplikasi *mobile* berbasis *Android*.

Tabel 3. 3 *Black-box* aplikasi *Android*

Pengujian	Test Case	Harapan
Dashboard	Parameter ketinggian debit air	Dapat menampilkan indikator parameter ketinggian debit air
Dashboard	Parameter arus air	Dapat menampilkan indikator parameter arus air
Dashboard	Keadaan cuaca	Dapat Menampilkan indikator keadaan cuaca
Status	Aman	Dapat berubah berdasarkan parameter ketinggian debit air

Pengujian	Test Case	Harapan
Status	Hati-hati	Dapat berubah berdasarkan parameter ketinggian debit air
Status	Bahaya	Dapat berubah berdasarkan parameter ketinggian debit air
Tentang Aplikasi	Teks Informasi	Dapat menampilkan informasi tentang aplikasi
Buka Aplikasi	Alarm	Alarm dapat menyala ketika telah status mencapai bahaya
Buka Aplikasi	Notifikasi	Dapat mengirimkan notifikasi ketika status telah mencapai bahaya
Tutup Aplikasi	Alarm	Alarm dapat menyala ketika status telah mencapai bahaya
Tutup Aplikasi	Notifikasi	Dapat mengirimkan notifikasi ketika status telah mencapai bahaya

Lalu skenario kedua yaitu pengujian kinerja alat. Bertujuan untuk mengetahui bagaimana kinerja alat ketika diberikan lingkungan baik pada kolam maupun pada sungai secara nyata, mengenai kinerja perangkat keras serta perangkat lunak baik *website* dan aplikasi *Android* yang telah dibangun.

3.1.6 Evaluasi

Hasil uji coba dianalisis untuk menentukan efektivitas dan reliabilitas sistem, serta memberikan rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut. Metode D&D tersebut dipilih karena kemampuannya dalam menghasilkan solusi yang sistematis dan berbasis bukti untuk masalah yang kompleks seperti pemantauan ketinggian debit air, arus air, serta cuaca di sekitar prototipe sistem *monitoring*. Dalam proses evaluasi diharapkan dapat diketahui bagaimana dari kinerja perangkat yang telah dibangun. Dan juga memaparkan temuan yang terdapat selama proses penelitian sehingga dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya dalam melakukan proses pengembangan

3.1.7 Laporan

Tahap terakhir dalam metode penelitian berikut merupakan penyusunan laporan hasil dari penelitian. Laporan disusun secara sistematis dan dapat direplikasikan, dimulai dari pembacaan masing-masing sensor yang dikirimkan ke *database* pada *website* dan aplikasi *Android*, yang dapat dianalisis. Isi laporan mencakup pengujian pada masing-masing sensor baik secara individu maupun sudah dikombinasikan, pengujian perangkat lunak baik *website* dan aplikasi *Android*, serta skenario uji lokasi penempatan prototipe sistem *monitoring*, waktu pengambilan data, disertai parameter lingkungan di sekitar prototipe sistem *monitoring*, durasi pengamatan yang dilanjutkan hasil kinerja sistem pada setiap skenario. Untuk akurasi sensor, nilai utama seperti jarak sensor dengan ketinggian debit air, respons waktu pengiriman data ke *website* dan aplikasi *Android* secara ringkas. Sementara itu, evaluasi sistem peringatan mencakup efektivitas notifikasi dan alarm peringatan melalui aplikasi *Android*, serta alarm dan kejelasan visual melalui indikator lampu pilot pada prototipe sistem *monitoring* terhadap kondisi di lapangan, guna menilai kesiapan sistem untuk diimplementasikan secara berkelanjutan di lingkungan sungai.