

BAB 3

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengembangkan alat pemantauan arus dan ketinggian air berbasis mikrokontroler ESP32 dengan komunikasi LoRa dan notifikasi otomatis sebagai media peringatan kepada pengguna. Alat ini dirancang untuk memberikan informasi secara *real-time* tanpa memerlukan pengawasan manual sehingga mampu meningkatkan kesiapsiagaan terhadap potensi banjir di wilayah rawan. Alat terdiri dari sensor HC-SR04 yang digunakan untuk mengukur tinggi permukaan air dan sensor YF-S201C untuk mendeteksi kuat arus air. Data dari kedua sensor ini diolah oleh mikrokontroler ESP32 kemudian ditampilkan secara lokal melalui LCD 16x2. Selanjutnya, hasil pengolahan data dikirimkan secara nirkabel menggunakan modul LoRa yang memungkinkan komunikasi jarak jauh tanpa bergantung pada koneksi internet.

Setelah data diolah informasi dikirimkan melalui modul LoRa ke perangkat penerima di lokasi yang berbeda tanpa memerlukan koneksi internet sehingga sangat efektif untuk digunakan di daerah terpencil. Pada perangkat penerima informasi tersebut kemudian ditampilkan secara otomatis melalui LCD sebagai notifikasi visual berupa status kondisi air. Alat ini mampu mengklasifikasikan kondisi air ke dalam tiga kategori utama yaitu aman, waspada dan bahaya. Kategori aman menunjukkan bahwa tinggi dan arus air masih dalam batas normal dan tidak mengancam, namun informasi tetap ditampilkan secara berkala di LCD untuk memastikan pengguna mendapatkan pembaruan kondisi. Kategori waspada menandakan bahwa terjadi peningkatan pada tinggi permukaan atau kecepatan arus air yang mendekati ambang batas berbahaya sedangkan kategori bahaya menunjukkan bahwa parameter pemantauan telah melebihi batas aman yang menandakan risiko tinggi terhadap potensi banjir.

Untuk memastikan efektivitas alat dilakukan pengujian terhadap akurasi pembacaan sensor, kecepatan pengiriman data melalui LoRa serta keandalan alat notifikasi dalam berbagai kondisi lingkungan. Hasil analisis digunakan untuk mengevaluasi kinerja alat secara menyeluruh, guna memastikan bahwa informasi

yang dikirim tepat waktu dan akurat dalam mendeteksi perubahan signifikan pada kondisi aliran sungai. Dengan pendekatan ini penelitian ini bertujuan menghasilkan alat pemantauan yang efisien, otomatis dan dapat bekerja secara *real-time* dalam berbagai situasi serta mampu memberikan kontribusi nyata dalam pengurangan risiko bencana banjir melalui penerapan teknologi berbasis mikrokontroler ESP32 dan komunikasi LoRa.

3.1 Bahan dan Alat Penelitian

3.1.2 Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini, bahan yang diterapkan terdiri dari elemen elektronik serta perangkat lunak yang memainkan peran dalam pengukuran lingkungan, pengolahan data dan pengiriman pemberitahuan. Materi penelitian ini dikelompokkan menjadi beberapa kategori utama yaitu sensor, mikrokontroler dan modul komunikasi, perangkat *display*, komponen pendukung dan library arduino.

1. Sensor

Sensor merupakan elemen krusial dalam alat ini karena memiliki tugas untuk mengukur data lingkungan yang menjadi dasar untuk pengambilan keputusan. Alat ini mengandalkan dua kategori sensor utama:

- Sensor ultrasonik HC-SR04

Berfungsi untuk menghitung ketinggian air menggunakan gelombang ultrasonik. Sensor ini beroperasi dengan memancarkan gelombang ultrasonik ke permukaan air dan mengukur waktu yang dibutuhkan untuk gelombang tersebut kembali guna menentukan jarak dari sensor ke permukaan air. Data yang diperoleh diubah menjadi satuan *centimeter* dan dibandingkan dengan nilai ambang yang telah ditentukan.

- Sensor arus YF-S201C

Sensor YF-S201C digunakan untuk mengukur kecepatan aliran air dalam alat. Sensor ini bekerja dengan mendeteksi jumlah pulsa yang dihasilkan oleh rotor berputar saat air mengalir melewati sensor. Jumlah pulsa tersebut sebanding dengan volume air yang mengalir dan dengan mengetahui luas penampang pipa, alat dapat menghitung kecepatan aliran dalam satuan

meter per detik (m/s). Informasi ini sangat penting untuk memperkirakan kecepatan arus sungai, sehingga alat dapat mendeteksi potensi bahaya seperti banjir akibat peningkatan kecepatan aliran yang signifikan.

2. Mikrokontroler dan Modul Komunikasi

Komponen ini bertugas untuk mengolah data yang diterima dari sensor dan mengelola pengiriman informasi kepada pengguna.

a) ESP32

Mikrokontroler utama berfungsi sebagai pusat kendali dalam pengolahan data pada alat ini. Mikrokontroler menerima informasi dari sensor memproses data tersebut, membandingkannya dengan nilai ambang batas dan menentukan status kondisi sungai (aman, waspada atau bahaya). Selain itu ESP32 juga mengatur tampilan informasi hasil pemrosesan secara langsung pada LCD sehingga pengguna dapat memantau kondisi air secara *real-time* di lokasi tanpa memerlukan koneksi internet atau notifikasi eksternal.

b) Modul LoRa SX1278

Modul ini digunakan sebagai perangkat komunikasi utama dalam alat. LoRa SX1278 bekerja pada frekuensi 433 mhz dan dirancang untuk komunikasi data jarak jauh dengan konsumsi daya rendah. Modul ini memungkinkan pengiriman data dari *node* sensor (pengirim) ke *node* penerima dalam radius yang luas tanpa memerlukan infrastruktur internet atau jaringan seluler. LoRa SX1278 sangat cocok digunakan di daerah terpencil seperti bantaran sungai karena kemampuannya dalam menjaga konektivitas dalam kondisi geografis yang menantang.

3. Perangkat Tampilan

Agar pemantauan dapat dilakukan secara langsung di lokasi alat ini dilengkapi dengan perangkat tampilan berupa LCD.

a) LCD 16x2

Berfungsi menampilkan informasi *real-time* terkait tinggi air dan kuat arus. Tampilan ini sangat berguna bagi pengguna atau teknisi yang sedang berada di lapangan sehingga tidak perlu menunggu data dikirim ke pusat atau

notifikasi digital lainnya.

4. Komponen Pendukung

Komponen ini memastikan bahwa semua alat dapat berfungsi secara optimal dan stabil dalam berbagai situasi.

a) Kabel USB

Berfungsi untuk menghubungkan ESP32 ke laptop saat proses pemrograman dan pengujian. Kabel ini juga berfungsi sebagai sumber daya sementara bagi mikrokontroler saat implementasi.

b) Kabel jumper

Berfungsi untuk menghubungkan berbagai elemen dalam rangkaian elektronik.

c) *Power bank*

Berfungsi sebagai sumber energi untuk alat ini, menggantikan adaptor atau baterai tradisional. Dengan menggunakan *power bank* alat dapat beroperasi dengan lebih fleksibel dan tidak tergantung pada sumber listrik dari PLN sehingga sangat cocok untuk lokasi di sepanjang sungai yang jauh dari jaringan listrik. Kapasitas besar dari *power bank* memungkinkan alat untuk beroperasi dalam jangka waktu lama tanpa perlu diisi ulang secara sering.

5. Library Arduino Ide

- a) Arduino IDE mendukung berbagai pustaka (*library*) seperti *LoRa.h*, *Wire.h*, dan *LiquidCrystal_I2C.h* yang digunakan dalam proyek ini.

3.1.2 Alat Penelitian

Selain bahan yang digunakan dalam alat, penelitian ini juga memerlukan beberapa alat untuk membantu dalam perancangan, perakitan dan pengujian alat.

1. Alat Pengukuran

Alat ini digunakan untuk mengukur, menguji dan memastikan alat bekerja dengan akurasi tinggi.

a) Multimeter digital

Digunakan untuk mengukur tegangan, arus dan resistansi guna memastikan bahwa seluruh komponen bekerja dengan baik dan tidak terjadi gangguan listrik.

2. Perangkat Lunak Pendukung

Perangkat lunak ini digunakan untuk menulis program, melakukan simulasi serta menganalisis hasil pengujian.

a) Wokwi

Digunakan untuk merancang dan mensimulasikan rangkaian elektronik sebelum dirakit secara fisik.

3. Perangkat Pengembangan *Software*

a) Laptop

Digunakan untuk pemrograman mikrokontroler ESP32, upload kode serta melakukan monitoring dan implementasi menggunakan software Arduino IDE

b) Arduino IDE

Digunakan sebagai platform pemrograman utama untuk menulis, mengunggah dan menguji kode pada mikrokontroler ESP32.

3.2 Metode Pengembangan Alat Pemantauan

3.2.1 Membuat Rancangan dan Implementasi Alat

Metode pertama dalam penelitian ini berfokus pada tahapan perancangan dan implementasi perangkat keras untuk membangun alat pemantauan arus dan tinggi air yang dapat beroperasi secara otomatis dan efisien serta mampu mengirimkan data menggunakan komunikasi LoRa. Tahapannya meliputi :

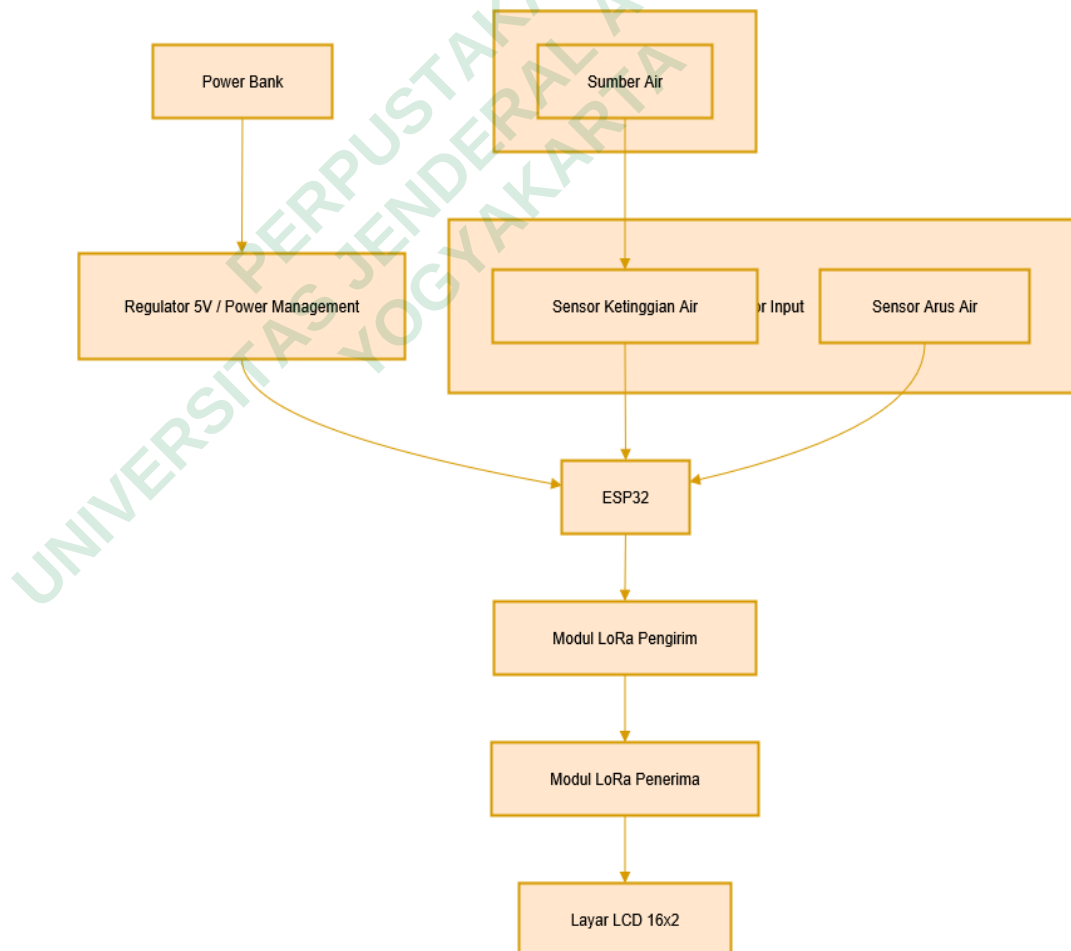
1. Pemilihan Sensor Dan Komponen Alat

Pemilihan sensor dan komponen dalam alat ini mempertimbangkan keakuratan dan ketahanan terhadap kondisi lingkungan. Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mengukur tinggi air karena mampu melakukan pengukuran non-kontak dengan jangkauan 2–400 cm dan akurasi ± 3 mm (Yurika & Muhaemin Zuhud, 2023). Untuk pengukuran kecepatan aliran air digunakan sensor YF-S201C yang bekerja berdasarkan perputaran rotor akibat dorongan air, menghasilkan pulsa digital yang berbanding lurus dengan debit aliran. Sensor ini banyak digunakan karena sensitivitasnya dalam mendeteksi perubahan debit, serta kemudahannya dalam integrasi dengan mikrokontroler untuk pengukuran aliran secara *real-time* (Fahruri dkk., 2021). Mikrokontroler

ESP32 digunakan sebagai unit kendali utama karena mendukung komunikasi data dan pemrosesan yang kompleks. Alat menggunakan LCD 16x2 untuk menampilkan data lokal secara langsung. Komunikasi jarak jauh dilakukan menggunakan modul LoRa SX1278 memungkinkan pengiriman data tanpa koneksi internet. Sumber daya utama berasal dari *power bank* untuk mendukung operasi di daerah terpencil .

1. Gambaran Blok Alat

Diagram blok menggambarkan hubungan antar komponen: sensor tinggi air dan arus terhubung ke ESP32 yang kemudian mengirimkan data ke penerima melalui modul LoRa. Di sisi penerima, data ditampilkan pada LCD 16x2 mengirimkan data ke penerima melalui modul LoRa. Di sisi penerima, data ditampilkan pada LCD 16x2.



Gambar 3.1 Blok Alat

2. Spesifikasi Sensor dan Komponen

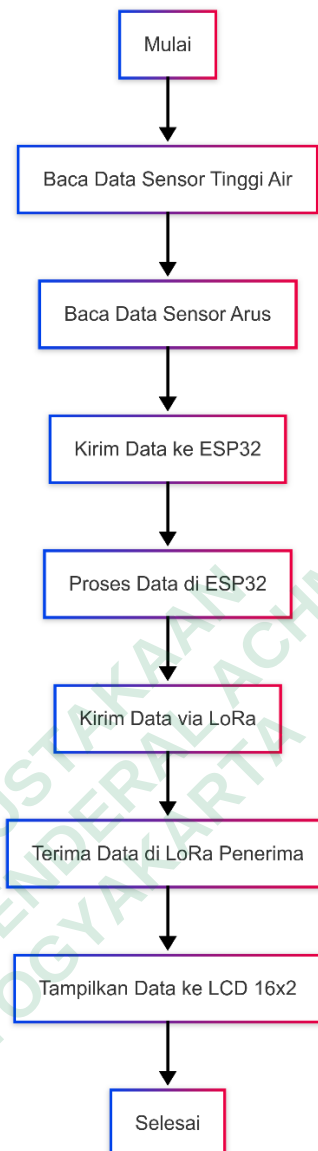
Tabel di bawah ini menunjukkan rincian alat yang digunakan.

Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat

Komponen Model	Rentang pengukuran	Tegangan operasional	Keunggulan
Sensor tinggi air HC-SR04	2 cm - 400 cm	5 v	Tidak kontak langsung dengan air
Sensor arus air YF-S201C	M/s	5v	Akurat, murah, efisien, dan digital.
Mikrokontroler ESP32	-	3.3v – 5v	Konektivitas wi-fi & bluetooth
Modul komunikasi LoRa sx 1278	Hingga 10 km	3.3v – 5v	Komunikasi jarak jauh tanpa internet
Tampilan data LCD 16x2	-	5 v	Tampilan langsung hasil pengukuran
Sumber daya Power bank	5v / 10.000 mah	5 v	Mobilitas tinggi, daya tahan lama

3. Alat Pemantauan

Pada tahap ini, alat pemantauan akan digambarkan melalui *flowchart* yang menggambarkan proses kerja alat dalam membaca data



Gambar 3. 2 Alat Pemantauan

4. Peringatan Tinggi Air dan Arus Air

Ambang batas peringatan kondisi sungai yang nantinya akan menjadi subjek penelitian. Berikut tabel nilai ambang batas untuk mengelompokkan kondisi normal, waspada dan bahaya.

Tabel 3. 2 Ambang Batas Peringatan

Parameter	Normal	Waspada	Bahaya
Tinggi air (cm)	0 - 100 cm	101 - 200 cm	> 200 cm
Kecepatan arus	0 - 0,4 m/s	0,5 - 1 m/s	> 1 m/s

3.2.2 Perancangan dan Pembuatan Program

Metode kedua dalam penelitian ini berfokus pada proses pengumpulan dan pengolahan data dari sensor arus dan tinggi air serta alat notifikasi otomatis menggunakan komunikasi LoRa. Alat dirancang agar dapat bekerja secara otomatis dan *real-time* tanpa ketergantungan pada jaringan internet sehingga memungkinkan pengguna mendapatkan informasi cepat untuk meningkatkan kewaspadaan terhadap potensi banjir.

1. Pengolahan Data Sensor

Setelah sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor arus YF-S201C mengukur parameter lingkungan, data mentah akan diproses oleh mikrokontroler ESP32 sebelum dikirim melalui LoRa. Tahapan proses sebagai berikut:

a) Pengambilan Data Sensor:

ESP32 membaca data dari sensor HC-SR04 untuk mengetahui tinggi air dan YF-S201C untuk mengukur kuat arus air. Data ini dalam bentuk sinyal analog yang masih memerlukan konversi lebih lanjut. tinggi air dan YF-S201C untuk mengukur kuat arus air. Data ini dalam bentuk sinyal analog yang masih memerlukan konversi lebih lanjut.

b) Konversi Data Ke Satuan Yang Sesuai :

1. Tinggi air dikonversi menjadi centimeter (cm) menggunakan rumus berdasarkan waktu tempuh gelombang ultrasonik yang dipancarkan dan diterima kembali oleh sensor HC-SR04.
2. Kuat arus air dihitung dalam ampere (a) berdasarkan perubahan medan magnet yang ditangkap oleh sensor YF-S201C.

c) Penyaringan Data (*filtering*):

Data sensor yang diterima bisa mengalami gangguan atau fluktuasi

mendadak akibat kondisi lingkungan seperti angin atau riak air. Oleh karena itu ESP32 dapat menerapkan metode rata-rata bergerak (*moving average*) untuk meningkatkan stabilitas pengukuran.

Data yang diterima dari sensor sering mengalami fluktuasi akibat noise lingkungan seperti riak air atau gangguan angin. Oleh karena itu, digunakan metode *moving average* untuk menyaring data. Teknik ini menghitung rata-rata dari n pembacaan terakhir (misalnya, 5 pembacaan) untuk mengurangi lonjakan nilai yang tidak stabil. *Moving average* dipilih karena implementasinya yang sederhana dan efisien dalam mikrokontroler seperti ESP32.

d) Analisis ambang batas :

Setelah data dikonversi alat akan membandingkannya dengan ambang batas yang telah ditentukan untuk menentukan kondisi sungai saat itu.

e) Klasifikasi kondisi sungai:

Berdasarkan perbandingan dengan nilai ambang batas, alat menentukan kategori kondisi sungai sebagai normal, waspada atau bahaya.

1. Logika ambang batas dan klasifikasi kondisi Alat menggunakan nilai ambang batas yang sama seperti pada metode pertama untuk mengklasifikasikan kondisi sungai. Ambang batas ini diperlukan untuk memastikan bahwa alat memberikan peringatan yang akurat berdasarkan situasi air di lapangan.

1. Kondisi Normal:

- a) Ketinggian air masih dalam batas aman.
- b) Kecepatan arus tergolong rendah, tidak ada indikasi bahaya.

2. Kondisi Waspada:

- a) Air mulai naik ke tingkat yang berpotensi membahayakan.
- b) Kecepatan arus mulai meningkat dan perlu dipantau lebih lanjut.

3. Kondisi Bahaya:

- a) Tinggi air telah melampaui batas aman (>300 cm).
- b) Kecepatan arus tinggi (>1 m/s) berpotensi arus deras yang membahayakan.
- c) Alat akan langsung mengirim notifikasi peringatan kepada pengguna.

2. Pengiriman Notifikasi Melalui LoRa

Saat terjadi perubahan status sungai ESP32 akan mengirimkan data klasifikasi dan hasil pengukuran melalui modul LoRa SX1278 ke perangkat penerima jarak jauh. Di sisi penerima, informasi ini ditampilkan di LCD.

1. Alur Pengiriman Data Via LoRa:

- a) ESP32 membaca data sensor.
- b) Data dikonversi dan difilter.
- c) Alat menentukan status (normal/waspada/bahaya).
- d) Format pesan disiapkan.

2. Data Dikirim Menggunakan Komunikasi LoRa ke *Node* Penerima Contoh Pesan yang Dikirim:

- a) Normal: “status: normal | tinggi: 45 cm | arus: 0.3 m/s”
- b) Waspada: “peringatan! Tinggi: 180 cm | arus: 0.8 m/s”
- c) Bahaya: “bahaya! Tinggi: 310 cm | arus: 1.3 m/s | segera siaga!”

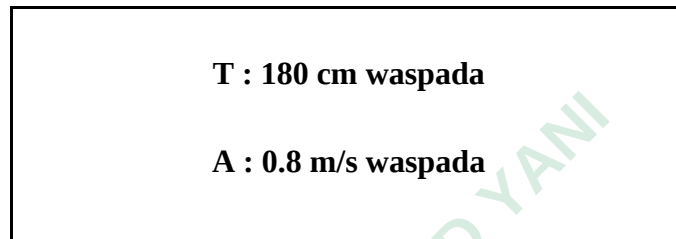
3. Keunggulan Komunikasi LoRa:

- a) Tidak membutuhkan internet atau jaringan gsm.
- b) Cocok untuk wilayah terpencil.
- c) Konsumsi daya sangat rendah.
- d) Biaya operasional nyaris nol.

4. Tampilan Data di LCD

Agar pengguna di lokasi tetap dapat memantau kondisi secara langsung tanpa menunggu data, alat juga dilengkapi dengan LCD 16x2 yang menampilkan informasi *real-time*.

- a. Informasi yang ditampilkan di LCD:
 - a. Tinggi air saat ini (dalam cm).
 - b. Kecepatan arus air (dalam m/s).
 - c. Status kondisi sungai (normal, waspada atau bahaya).
- b. Contoh tampilan LCD :



LCD ini terhubung langsung ke ESP32 dan memperbarui tampilan setiap waktu berdasarkan pembacaan terbaru.

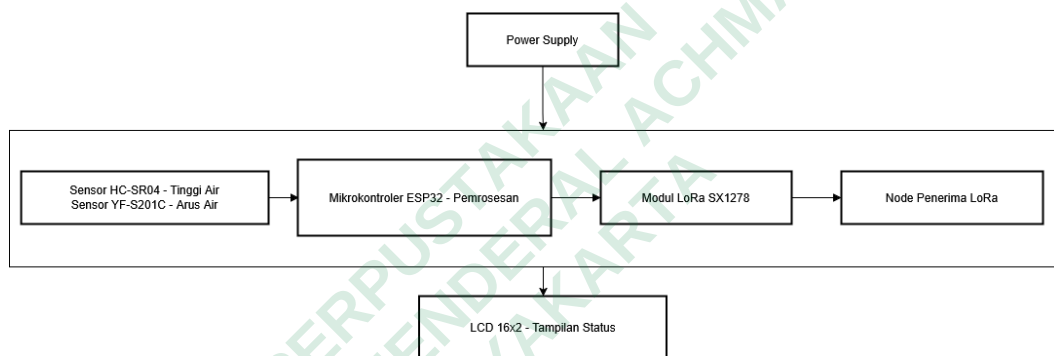
3.3 Desain Alat Pengukuran

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah pendekatan mikrokontroler ESP32 dengan implementasi komunikasi LoRa untuk memantau tinggi air dan arus sungai secara *real-time*, guna meningkatkan kewaspadaan terhadap potensi bencana banjir. Memungkinkan perangkat yang terhubung untuk berinteraksi dan saling bertukar data secara otomatis tanpa memerlukan intervensi manual dari pengguna. Alat ini terdiri dari sensor HC-SR04 untuk mengukur tinggi permukaan air dan sensor YF-S201C untuk mendeteksi kuat arus air. Kedua data sensor tersebut diolah oleh mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai pusat pemrosesan dan pengendali alat. Data hasil pengolahan kemudian dikirimkan ke *node* penerima menggunakan modul komunikasi LoRa (*long range*), menggantikan koneksi internet konvensional seperti *Wi-Fi* atau *GSM*.

Saat parameter tinggi air maupun arus air mencapai ambang batas tertentu alat secara otomatis mengklasifikasikan kondisi menjadi tiga kategori yaitu normal, waspada atau bahaya. Informasi ini kemudian dikirim melalui komunikasi LoRa ke *node* penerima yang berada di lokasi terpisah. Pada sisi penerima data yang diterima ditampilkan secara *real-time* melalui LCD sehingga pengguna dapat langsung

memantau kondisi tanpa perlu akses internet. Tampilan ini memungkinkan pengambilan keputusan yang cepat dan tepat dalam menghadapi potensi bencana seperti banjir (Kumar & Rao, 2022).

Selain pengiriman data jarak jauh alat juga dilengkapi dengan LCD 16x2 sebagai tampilan lokal. Layar ini menampilkan informasi *real-time* mengenai tinggi air kecepatan arus dan status kondisi sungai di lokasi pemantauan tanpa membutuhkan koneksi internet. Dengan pendekatan ini alat mampu beroperasi secara efisien, andal dan hemat energi dengan jangkauan komunikasi luas melalui LoRa serta kecepatan pengiriman notifikasi tinggi untuk lebih mudah memahami alur kerjanya dapat dilihat pada gambar model arsitektur



Gambar 3. 3 Desain Alat Pengukuran

3.4 Jalannya Penelitian

Jalan penelitian ini mencakup penjelasan mendetail dan terstruktur mengenai langkah-langkah dalam merancang dan membangun alat pemantauan arus dan ketinggian air berbasis mikrokontroler ESP32 yang dapat beroperasi secara otomatis dan mengirimkan data melalui komunikasi LoRa. Penelitian ini menggunakan pendekatan pengembangan desain dengan metode *prototyping* yang memungkinkan pengembangan alat dilakukan secara bertahap, mulai dari perancangan awal hingga implementasi dan evaluasi performa. Metode *prototyping* bersifat *iteratif* di mana setiap versi prototipe yang dibangun akan diuji, dievaluasi, dan diperoleh umpan balik (*feedback*) baik dari hasil pengujian maupun observasi. Hasil evaluasi ini kemudian digunakan untuk melakukan penyempurnaan atau modifikasi pada prototipe berikutnya. Siklus ini berulang hingga diperoleh alat akhir yang memenuhi kriteria fungsionalitas, keakuratan, efisiensi daya, dan

keandalan dalam pemantauan kondisi air secara *real-time*.

Pendekatan metode *prototyping* dipilih karena memberikan keleluasaan dalam pengujian awal terhadap perangkat keras dan perangkat lunak, sehingga setiap kekurangan atau ketidaksesuaian dapat segera diidentifikasi dan diperbaiki sebelum alat diimplementasikan secara penuh. Dengan demikian, pendekatan ini memungkinkan peningkatan kualitas alat secara bertahap berdasarkan hasil evaluasi yang obyektif, serta menjamin bahwa solusi akhir benar-benar sesuai dengan kebutuhan lingkungan operasional di lapangan.

3.4.1 Tahap Identifikasi dan Analisis Kebutuhan

Pada fase ini dilakukan analisis terhadap kebutuhan alat untuk memastikan bahwa alat pemantauan dapat beroperasi secara otomatis, *real-time* dan efisien dalam mengirimkan data tentang aliran dan ketinggian air. Beberapa langkah yang diambil pada tahap ini yaitu:

A. Identifikasi Masalah

Saat ini pemantauan tinggi dan arus air masih dilakukan secara manual oleh petugas di lapangan. Hal ini memiliki beberapa kelemahan, antara lain:

1. Membutuhkan tenaga kerja dalam jumlah besar terutama untuk daerah yang luas dan sulit dijangkau.
2. Berisiko keterlambatan dalam pengambilan keputusan karena data tidak tersedia secara *real-time*.
3. Rentan kesalahan pencatatan yang dapat menyebabkan ketidaktepatan dalam pengelolaan sumber daya air.
4. Keterbatasan aksesibilitas informasi terutama jika pemantauan dilakukan di lokasi terpencil atau minim jaringan internet.

B. Identifikasi Kebutuhan Alat

Alat yang akan dirancang harus memenuhi beberapa kriteria berikut:

1. Dapat mengukur tinggi air dan arus air secara otomatis tanpa perlu pengawasan manual.
2. Mengirimkan data secara nirkabel melalui komunikasi LoRa ke *node* penerima.

3. Memiliki konsumsi daya yang rendah sehingga tetap dapat beroperasi meskipun terjadi pemadaman listrik.
4. Memiliki tampilan lokal melalui LCD untuk monitoring langsung di lokasi.

Untuk memenuhi kebutuhan tersebut alat akan menggunakan beberapa komponen utama:

1. Sensor HC-SR04: untuk mengukur tinggi air menggunakan teknologi ultrasonik.
2. Sensor YF-S201C : untuk mengukur kuat arus air sebagai indikator kecepatan aliran.
3. Mikrokontroler ESP32: sebagai unit utama untuk membaca data sensor dan mengirimkan data.
4. Modul LoRa SX1278: mengirimkan data ke *node* penerima tanpa perlu koneksi internet.
5. LCD 16x2: untuk menampilkan data lokal secara langsung.
6. *Power bank*: sebagai sumber daya cadangan agar alat tetap dapat beroperasi saat listrik padam.

C. Identifikasi Klasifikasi Risiko Air

Untuk memberikan informasi yang lebih bermanfaat bagi pengguna data yang diperoleh dari sensor akan dikategorikan ke dalam tiga tingkat kondisi:

1. Aman: air dalam kondisi normal dan arus tidak terlalu kuat.
2. Waspada: ketinggian air meningkat atau arus bertambah kuat.
3. Bahaya: ketinggian air melewati ambang batas aman atau arus sangat deras sehingga diperlukan tindakan segera.

3.4.2 Tahap Perancangan dan Integrasi Alat

A. Perancangan Perangkat Keras

Tahap ini melibatkan beberapa langkah yaitu:

1. Penyusunan skema rangkaian elektronik yang menghubungkan

sensor, ESP32, LCD dan modul LoRa SX1278.

2. Pembuatan desain alat tenaga listrik termasuk penggunaan *power bank* sebagai cadangan daya.
3. Integrasi sensor dengan mikrokontroler untuk memastikan data dapat dibaca dengan baik.

B. Pengembangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak dikembangkan untuk menjalankan fungsi utama alat seperti :

1. Pemrograman pembacaan sensor untuk mendapatkan data tinggi air dan kuat arus.
2. Pengolahan data untuk menentukan kondisi aman, waspada atau bahaya berdasarkan parameter yang ditetapkan.
3. Pengiriman data secara nirkabel menggunakan LoRa SX1278.
4. Menampilkan data di LCD untuk *monitoring* lokal.

3.4.3 Tahap Implementasi dan uji coba

A. Uji coba pembacaan sensor

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan akurasi sensor dalam mengukur tinggi air dan kuat arus. Data yang diperoleh dibandingkan dengan pengukuran manual untuk melihat tingkat kesalahannya.

B. Uji Coba Pengiriman Data LoRa

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan:

1. Kecepatan transmisi data: mengukur waktu dari pembacaan sensor hingga data diterima di *node* penerima.
2. Jangkauan komunikasi: menentukan jarak maksimum antara *node* pengirim dan penerima.
3. Stabilitas komunikasi: menilai performa pengiriman data dalam berbagai kondisi lingkungan dan gangguan sinyal.

C. Simulasi Kondisi Air

Alat diuji dalam berbagai kondisi antara lain:

4. Tinggi air normal → notifikasi aman dikirim.
5. Tinggi air meningkat → notifikasi waspada dikirim.

6. Air meluap atau arus deras → notifikasi bahaya dikirim.

D. Uji Coba Daya Tahan Alat

Alat diuji dengan menggunakan *power bank* untuk mengetahui sejauh mana alat dapat bertahan tanpa listrik utama.

3.4.4 Hasil Uji Coba

A. Evaluasi Akurasi Sensor

Dilakukan perbandingan antara hasil pembacaan sensor dengan pengukuran manual untuk mengetahui tingkat kesalahan.

B. Evaluasi Kinerja Komunikasi LoRa

1. Waktu yang dibutuhkan dari pembacaan data hingga diterima di penerima.
2. Stabilitas pengiriman data pada kondisi sinyal lemah atau jarak jauh.

C. Evaluasi Efisiensi Konsumsi Daya

Menganalisis konsumsi daya alat saat menggunakan sumber listrik utama dan saat menggunakan *power bank*. Tujuannya untuk mengetahui efisiensi dan ketahanan alat dalam kondisi darurat.



Gambar 3. 4 Jalan Penelitian