

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KETINGGIAN AIR PADA BANJIR ROB MENGGUNAKAN TEKNOLOGI IOT BERBASIS WEBSITE (STUDI KASUS MUARA ANGKE)

Bella Rossa Amelia, Nurhayati

Program Studi Teknik Informatika, Universitas Pamulang
Jalan Puspitek, Buaran, Kec.Pamulang,Kota Tangerang Selatan, Banten, Indonesia
Bellarossaamelia22@gmail.com

ABSTRAK

Wilayah pesisir Muara Angke, Jakarta Utara, sering mengalami banjir rob yang mengganggu aktivitas sosial dan ekonomi masyarakat, sementara informasi peringatan dini yang tersedia masih bersifat umum dan belum menggambarkan kondisi ketinggian air secara langsung di lokasi terdampak. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem monitoring ketinggian air pada banjir rob berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32 di wilayah Muara Angke, yang mampu memantau ketinggian air secara *real-time*, memberikan peringatan dini melalui indikator *visual* lampu LED dan peringatan suara, serta mengirimkan notifikasi otomatis melalui aplikasi *Telegram* dan *website monitoring*. Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah metode *Prototype*, meliputi tahapan pengumpulan kebutuhan, membangun *prototype*, evaluasi *prototype*, mengkodekan sistem, pengujian sistem, evaluasi sistem, dan penggunaan sistem. Hasil penelitian menunjukkan sistem berhasil dibangun dengan memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04, dilengkapi LCD, *Pilot Lamp*, *Buzzer*, dan *Modul Relay 4 Channel*, mampu memantau ketinggian air secara *real-time* melalui *website* berupa dashboard dan grafik historis, memberikan peringatan dini sesuai status Aman, Siaga, dan Waspada, serta mengintegrasikan notifikasi otomatis melalui *Telegram Bot*. Dengan demikian, sistem yang dibangun telah berfungsi sesuai tujuan yang ditetapkan dan dapat membantu meningkatkan kewaspadaan masyarakat pesisir Muara Angke terhadap potensi banjir rob.

Kata kunci : Banjir rob, ESP32, *Internet of Things*, Notifikasi Telegram, Sistem Monitoring Ketinggian Air, Website

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan garis pantai sangat panjang dan sebagian besar wilayahnya berada di dataran rendah pesisir, sehingga sangat rentan terhadap bencana hidrometeorologi, salah satunya banjir rob [1]. Rob merupakan fenomena naiknya permukaan air laut ke daratan akibat kombinasi pasang maksimum air laut, tekanan udara rendah, curah hujan tinggi, gelombang air laut, dan kecepatan angin laut yang mengarah ke pantai [2]. Meskipun fenomena ini umumnya berulang dan dapat diperkirakan, banyak kejadian rob yang terjadi secara tiba-tiba tanpa peringatan dini yang akurat, sehingga menimbulkan kerugian bagi masyarakat pesisir.

Salah satu wilayah di Jakarta yang sering mengalami rob adalah Muara Angke, khususnya RW 022 Blok Eceng, akibat kondisi dataran rendah, saluran air yang kurang baik, penurunan permukaan tanah, serta pesatnya pertumbuhan penduduk dan pembangunan. Selama ini warga mengandalkan pengamatan visual manual untuk mengetahui ketinggian air, sementara informasi dari BMKG bersifat umum dan belum menggambarkan kondisi ketinggian air secara langsung di lokasi terdampak. Akibatnya, informasi potensi banjir rob sering terlambat diterima, sehingga warga tidak memiliki cukup waktu untuk mitigasi maupun evakuasi, yang berujung pada kerugian material dan risiko keselamatan.

Sebagai upaya mengatasi permasalahan tersebut, dibutuhkan sistem yang mampu mengawasi ketinggian air secara langsung sekaligus menyalurkan informasi kepada warga dengan cepat. Perancangan sistem ini bertumpu pada teknologi *Internet of Things* (IoT), dengan mikrokontroler ESP32 terhubung pada sensor ultrasonik HC-SR04 untuk memantau ketinggian air secara *real-time*, mengklasifikasikannya ke dalam status AMAN, SIAGA, dan WASPADA. Status tersebut direpresentasikan melalui indikator visual dan suara di lokasi, serta disampaikan secara otomatis kepada warga melalui *Telegram Bot*, sementara *website monitoring* dikembangkan agar data ketinggian air dan dokumentasi kegiatan dapat diakses dan dikelola dengan lebih terstruktur.

Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem monitoring ketinggian air pada banjir rob berbasis IoT menggunakan ESP32, dengan *website* sebagai media monitoring dan *Telegram* sebagai media notifikasi, di wilayah pesisir Muara Angke, Jakarta Utara. Secara khusus, penelitian ini bertujuan memantau ketinggian air secara *real-time*, memberikan peringatan dini melalui indikator visual dan suara, serta menyampaikan informasi peringatan secara otomatis kepada masyarakat melalui *Telegram*, sehingga masyarakat dan pengurus RW dapat lebih waspada dan mengambil langkah antisipasi lebih cepat terhadap dampak banjir rob

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sebelum penelitian ini dilakukan, penulis melakukan studi literatur terhadap jurnal ilmiah dan penelitian terkini yang berkaitan dengan sistem monitoring ketinggian air berbasis Internet of Things (IoT), khususnya yang memanfaatkan mikrokontroler ESP32 dan mekanisme notifikasi jarak jauh. Studi ini bertujuan memahami konsep dasar, praktik terbaik dalam integrasi sensor–mikrokontroler–website, serta mengidentifikasi celah penelitian yang relevan dengan konteks banjir rob di kawasan pesisir.

Penelitian sebelumnya mengembangkan sistem peringatan dini banjir berbasis IoT dengan notifikasi Telegram yang mampu mendeteksi ketinggian air secara real-time dan membagi status ke dalam tiga level siaga, namun sistem tersebut belum dilengkapi antarmuka website maupun panel dokumentasi admin [3].

Sementara penelitian Bustomi merancang sistem monitoring peringatan dini banjir menggunakan protokol MQTT dengan notifikasi bot Telegram yang mampu menampilkan lokasi alat pada peta melalui website, tetapi belum menyediakan fitur manajemen data yang terdokumentasi [4].

Sementara itu, Penelitian Amanda mengembangkan sistem deteksi dini banjir daerah aliran sungai menggunakan modul Heltec WiFi LoRa 32 V2 dengan jangkauan komunikasi hingga 400 meter, namun penelitian tersebut menyasar objek sungai, bukan kawasan rob pesisir, dan hanya menggunakan indikator buzzer tanpa website maupun Telegram [5].

Penelitian Fadillah mengintegrasikan ESP32 dengan platform ThingSpeak dan notifikasi bot Telegram untuk pemantauan banjir di kawasan bendungan, tetapi data ditampilkan melalui platform pihak ketiga, bukan website mandiri dengan panel admin [6].

Mahardhika serta Ovid dan Yandani juga mengembangkan sistem serupa berbasis ESP32 dan Telegram untuk objek sungai, dengan tingkat akurasi yang baik, namun keduanya belum menyasar konteks banjir rob di wilayah pesisir dan belum mengintegrasikan media website sebagai sarana monitoring jarak jauh [7] [8].

Berdasarkan kajian terhadap penelitian-penelitian tersebut, penulis menilai masih terdapat celah penelitian pada sistem monitoring banjir yang secara khusus menyasar fenomena rob di kawasan pesisir, sekaligus memadukan monitoring lokal melalui LCD dan buzzer dengan monitoring jarak jauh melalui website dan notifikasi Telegram secara terintegrasi. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada pengembangan sistem monitoring ketinggian air pada banjir rob di kawasan Muara Angke menggunakan ESP32 dan sensor ultrasonik HC-SR04, yang terintegrasi dengan website dan aplikasi Telegram guna meningkatkan efektivitas peringatan dini.

2.1. Internet of Things

Internet of Things (IoT) merupakan sebuah teknologi modern yang dikembangkan guna mengoptimalkan pemanfaatan koneksi internet yang senantiasa aktif. Melalui teknologi ini, berbagai perangkat atau objek dapat saling terhubung, berkomunikasi, dan bertukar data melalui jaringan internet, sehingga berbagai aktivitas manusia menjadi lebih praktis dan efisien untuk dilakukan. *IoT* memanfaatkan tiga unsur utama yang bekerja secara terintegrasi, yaitu sensor sebagai penangkap data dari kondisi fisik di lapangan, jaringan komunikasi sebagai media penghubung antarperangkat, serta perangkat lunak sebagai pengolah dan penyaji data, sehingga proses pengumpulan data, pengendalian, dan pemantauan dapat berlangsung secara otomatis tanpa campur tangan manusia secara langsung. Dengan karakteristik tersebut, perangkat yang terhubung dalam jaringan *IoT* mampu mengenali kondisi di sekitarnya, saling berkomunikasi dengan perangkat lain, serta mengambil tindakan tertentu berdasarkan data yang diperoleh secara real-time [9].

2.2. Monitoring

Monitoring merupakan proses pengamatan, pengukuran, dan pengumpulan data terhadap suatu kondisi atau objek secara terus-menerus dalam periode tertentu. Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui perubahan kondisi yang terjadi pada objek yang diamati dari waktu ke waktu, sehingga hasil pengamatan tersebut dapat dijadikan dasar dalam pengambilan keputusan atau penentuan tindakan selanjutnya. Pelaksanaan monitoring umumnya dilakukan secara berkala maupun real-time dengan memanfaatkan alat bantu seperti sensor dan sistem pengolahan data, sehingga setiap perubahan pada objek yang diamati dapat terekam secara konsisten dan akurat [10].

2.3. Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler berbasis *System on Chip* (SoC) yang dilengkapi fitur Wi-Fi dan Bluetooth guna mendukung komunikasi nirkabel. Dengan prosesor 32-bit yang dimilikinya, ESP32 turut mendukung berbagai protokol jaringan, seperti TCP/IP dan HTTP, sehingga banyak dimanfaatkan dalam pengembangan sistem *IoT* [11].

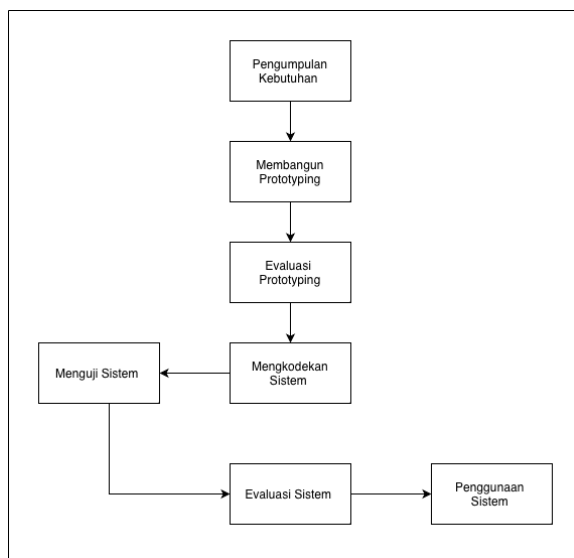
ESP32 juga merupakan perangkat keras yang menjalankan *firmware* bersifat *open-source* dan berperan sebagai mikrokontroler yang dilengkapi chip Wi-Fi ESP32 beserta modul Bluetooth. Keunggulan lain yang dimiliki ESP32 antara lain konsumsi daya yang rendah, biaya yang relatif terjangkau, jumlah pin GPIO yang memadai untuk menghubungkan berbagai sensor dan aktuator sekaligus, serta fleksibilitas tinggi dalam pemrograman, sehingga cocok digunakan dalam berbagai aplikasi berbasis *IoT* [9].

2.4. Website

Website dapat diartikan sebagai kumpulan halaman web yang saling terhubung dalam satu domain atau subdomain, sehingga dapat diakses melalui jaringan internet dengan bantuan web browser. *Website* berperan sebagai media penyajian berbagai bentuk informasi, baik berupa teks, gambar, audio, video, maupun animasi, yang dapat diakses pengguna kapan pun dan di mana pun selama tersedia koneksi internet. Selain berfungsi sebagai sarana penyampaian informasi, *website* juga dapat difungsikan sebagai media komunikasi, pengelolaan data, hingga *monitoring* secara *online*, yang memungkinkan pengelola untuk menambah, mengubah, maupun menghapus data melalui panel administrasi tanpa harus mengubah struktur dasar *website* secara langsung [12].

3. METODE PENELITIAN

Metode Prototype merupakan salah satu pendekatan dalam pengembangan perangkat lunak yang menitikberatkan pada pembuatan model awal (*prototype*) dari sistem yang hendak dibangun. Model awal ini bersifat sementara dan dijadikan gambaran sistem pada tahap permulaan, sehingga masih terbuka untuk dievaluasi maupun disempurnakan berdasarkan masukan yang diperoleh dari pengguna [13]. Metode *Prototype* merupakan metode pengembangan sistem yang diterapkan melalui pembuatan model atau rancangan awal guna menggambarkan kebutuhan pengguna hingga tercapai kesesuaian dengan apa yang diharapkan [11].



Gambar 1. Metode *Prototype*

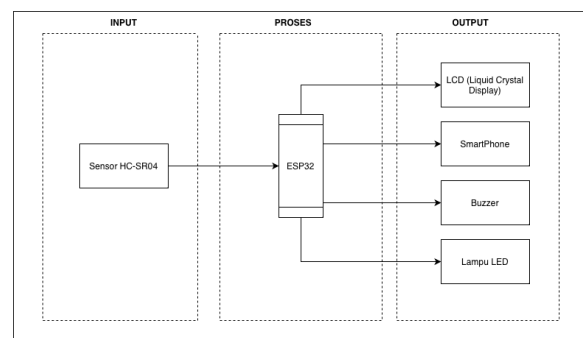
Berdasarkan gambar 1, menunjukkan tahapan metode Prototype yang digunakan dalam penelitian ini. Tahapan tersebut terdiri dari Pengumpulan Kebutuhan, Membangun Prototyping, Evaluasi Prototyping, Mengkodekan Sistem, Menguji Sistem, Evaluasi Sistem, dan Penggunaan Sistem.

3.1. Pengumpulan Data

Tahap awal dalam penelitian ini adalah melakukan identifikasi kebutuhan sistem melalui kegiatan observasi dan wawancara terhadap kondisi banjir rob di RT 12 RW 022 Muara Angke, Jakarta Utara. Observasi dilakukan secara langsung pada lokasi penelitian untuk mengetahui kondisi banjir rob serta proses pemantauan ketinggian air yang masih dilakukan secara manual oleh masyarakat. Selain itu, wawancara dilakukan kepada warga setempat guna memperoleh informasi mengenai kendala yang dihadapi dalam memperoleh informasi kondisi ketinggian air secara cepat dan akurat.

a. Analisa Kebutuhan Sistem

Analisa kebutuhan sistem dilakukan berdasarkan konsep *Input, Process*, dan *Output (IPO)*



Gambar 2. Blok Diagram *Input, Process*, dan *Output*

Berdasarkan gambar 2, bagian *input*, sensor HC-SR04 digunakan untuk membaca jarak permukaan air dan ESP32 sebagai mikrokontroler penerima data. Pada bagian *process*, ESP32 mengolah data sensor untuk menentukan ketinggian dan status air, kemudian mengirimkan data melalui *WiFi* ke *website* dan database. Pada bagian *output*, sistem menampilkan informasi melalui *LCD*, *LED*, *buzzer*, *website*, serta mengirimkan *notifikasi* kondisi air melalui *Telegram*.

b. Analisa Perhitungan Data Sensor

Perhitungan ketinggian air dilakukan berdasarkan hasil pembacaan sensor HC-SR04. Sensor mengukur jarak antara posisi sensor dan permukaan air. Dengan tinggi tiang sensor sebesar 400 cm, ketinggian air dihitung menggunakan persamaan:

$$c. W = H_{total} - D_{sensor}$$

W = ketinggian pasang air laut (cm)

H_{total} = tinggi total pemasangan tiang

D_{sensor} = jarak pantulan gelombang ultrasonik yang terdeteksi oleh HC-SR04

Selanjutnya, persentase ketinggian air dihitung dengan persamaan:

$$P = \frac{W}{H_{total}} \times 100\%$$

P = persentase kapasitas ketinggian air dengan rentang nilai 0% - 100%

Tabel 1. Rentang nilai ketinggian air

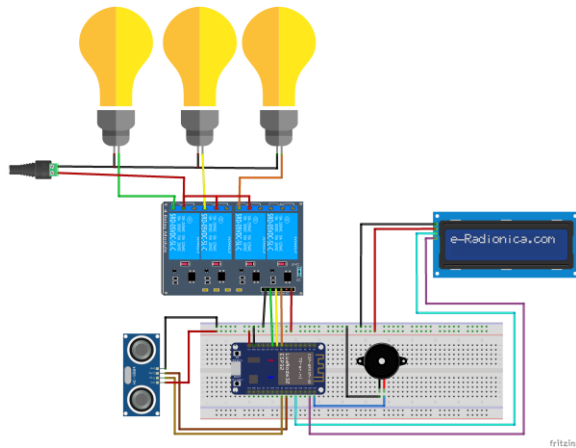
Status	Rentang Tinggi Air (W)
Aman	$W < 200 \text{ cm}$ ($P < 50\%$)
Siaga	$200 \text{ cm} \leq W \leq 320 \text{ cm}$ ($50\% \leq P \leq 80\%$)
Waspada	$W > 320 \text{ cm}$ ($P > 80\%$)

d. Pada Tabel 1 dapat dilihat, nilai threshold persentase (50% dan 80%) bersifat tetap, sedangkan nilai ambang batas dalam satuan sentimeter mengikuti proporsi terhadap tinggi total tiang sensor (H_{total}) yang digunakan pada instalasi sistem.

3.2. Perancangan Sistem

perancangan ini diawali dengan memperhatikan berbagai aspek guna mencapai keberhasilan, di mana tahap pengambilan data dan analisis memegang peranan penting untuk mencapai hasil yang sesuai harapan.

3.3. Perancangan Perangkat Keras (Hardware)



Gambar 3. Perancangan Perangkat Keras

Rangkaian pada gambar 3 menunjukkan integrasi antarkomponen utama sistem yaitu: (1) ESP32 berfungsi *mikrokontroler* utama yang bertugas membaca serta mengolah data dari *sensor* ketinggian air, (2) sensor HC-SR04 Digunakan untuk mendeteksi sekaligus mengukur ketinggian air, (3) LCD Berfungsi menampilkan informasi status, (4) Pilot Lamp Digunakan sebagai indikator *level* kondisi ketinggian air pada sistem *monitoring*, (5) Buzzer Digunakan sebagai alarm peringatan saat ketinggian air mencapai batas waspada, (6) Module Relay 4 Channel Mengendalikan lampu AC 220V sebagai saklar otomatis berdasarkan sinyal dari mikrokontroler

3.4. Perancangan Perangkat Lunak

Pada gambar 4 menunjukan perancangan perangkat lunak pada penelitian ini menggunakan *Use Case Diagram* untuk menggambarkan interaksi antara pengguna dengan sistem monitoring ketinggian air banjir rob. Sistem memiliki dua aktor, yaitu Admin dan Masyarakat. Admin dapat mengelola data sistem seperti dokumentasi, lokasi sensor, *Telegram Bot*, dan

laporan monitoring. Sementara itu, masyarakat dapat mengakses informasi monitoring ketinggian air secara real-time, dokumentasi, *Telegram Bot*, dan lokasi sensor.



Gambar 4. Use Case Diagram

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil implementasi dan pengujian sistem monitoring ketinggian air pada banjir rob berbasis Internet of Things (IoT) di wilayah Muara Angke, beserta pembahasannya. Pengujian dilakukan secara bertahap terhadap perangkat keras, fungsionalitas sistem secara black box, serta logika program secara white box, guna memastikan sistem berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu memantau ketinggian air secara real-time dan memberikan peringatan dini kepada masyarakat pesisir.

4.1. Implementasi Sistem

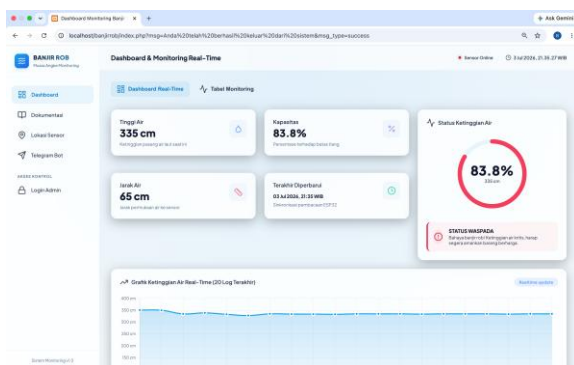
Sistem monitoring ketinggian air pada banjir rob diimplementasikan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor ultrasonik HC-SR04, LCD 16x2, tiga *pilot lamp* berwarna hijau, kuning, dan merah, *buzzer*, serta modul *relay 4 channel*. Perangkat tersebut dirakit menjadi satu unit dan dipasang pada lokasi penelitian di wilayah Muara Angke untuk melakukan pemantauan ketinggian air secara langsung.

Gambar 5 menunjukkan alat *monitoring* yang telah dipasang secara langsung pada area perairan di lokasi penelitian Muara Angke. Alat digunakan untuk melakukan pemantauan kondisi ketinggian air dan memberikan informasi kondisi melalui indikator pada perangkat. Sistem menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk membaca jarak permukaan air, kemudian data diproses oleh ESP32 untuk menentukan kondisi ketinggian air.



Gambar 5. Implementasi alat monitoring ketinggian air di lokasi penelitian

Data hasil pembacaan sensor selanjutnya dikirim oleh ESP32 melalui jaringan *WiFi* ke *server* dan ditampilkan pada *website* monitoring. Dashboard menyediakan informasi ketinggian air secara *real-time*, persentase kapasitas terhadap tiang acuan, status kondisi Aman, Siaga, dan Waspada, serta grafik riwayat pembacaan sensor. Tampilan *dashboard website* monitoring ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Dashboard *website* monitoring

Gambar 6 menunjukkan tampilan *dashboard website* yang digunakan untuk memantau kondisi ketinggian air secara *real-time*. Dashboard menampilkan nilai ketinggian air hasil pembacaan sensor, persentase kapasitas, status kondisi air, dan grafik riwayat pembacaan. Data pada dashboard diperbarui berdasarkan data yang dikirimkan oleh ESP32 sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi ketinggian air tanpa harus berada langsung di lokasi pemasangan alat. Sistem juga terintegrasi dengan Telegram Bot untuk menyampaikan notifikasi ketika terjadi perubahan status kondisi ketinggian air.

4.2. Hasil Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras dilakukan terhadap enam komponen utama, yaitu ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04, modul relay, pilot lamp, buzzer,

dan LCD, untuk memastikan setiap komponen bekerja sesuai fungsinya sebelum diintegrasikan ke dalam sistem secara keseluruhan.

4.3. Pengujian ESP32

Tabel 2. Hasil Pengujian ESP32

Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil
Koneksi ESP32 ke laptop via USB	Perangkat terdeteksi dan dapat diprogram	Berhasil
Koneksi ESP32 ke jaringan WiFi	Perangkat berhasil terhubung ke WiFi	Berhasil
Pengiriman data ke server (API)	Data sensor dikirim dan diterima backend	Berhasil

Berdasarkan Tabel 2, ESP32 berhasil terhubung ke laptop, jaringan WiFi, dan server sehingga dapat menjalankan proses pengiriman data sensor.

4.4. Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor diuji pada lima variasi ketinggian air (20, 100, 150, 200, dan 350 cm) dengan dua skema pemasangan yang berbeda: penyambungan langsung ke ESP32 dan penyambungan melalui breadboard, untuk mengetahui pengaruh metode instalasi terhadap keandalan pembacaan.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Metode Penyambungan	Percobaan pada 5 Ketinggian Uji (cm)	Hasil
Langsung ke mikrokontroler	20 / 100 / 150 / 200 / 350	Sukses (5/5)
Melalui breadboard	20 / 100 / 150 / 200 / 350	Gagal (0/5)

Berdasarkan Tabel 3, sensor HC-SR04 berhasil melakukan pembacaan pada seluruh titik pengujian ketika terhubung langsung ke ESP32, sedangkan penggunaan breadboard menyebabkan pembacaan gagal.

4.5. Pengujian Modul Relay, Pilot Lamp, Buzzer, dan LCD

Tabel 4. Hasil Pengujian Relay, Pilot Lamp, Buzzer, dan LCD

Komponen	Kondisi	Hasil
Relay 4 Channel	Sinyal aktif dari mikrokontroler → relay ON, tegangan ke pilot lamp stabil	Berhasil
	Sinyal tidak aktif → relay OFF, aliran tegangan terputus	Berhasil
Pilot Lamp	Status Aman / Siaga / Waspada → LED hijau / kuning / merah menyala	Berhasil
Buzzer	Status Aman & Siaga → diam; status Waspada → berbunyi	Berhasil
LCD 16x2	Menampilkan status dan nilai ketinggian air pada tiap kondisi, serta pesan "connecting" saat inisialisasi	Berhasil

Berdasarkan Tabel 4, *relay*, *pilot lamp*, *buzzer*, dan *LCD* berhasil bekerja sesuai kondisi yang telah ditentukan pada sistem.

4.6. Hasil Pengujian Fungsional (Black Box)

Pengujian *black box* dilakukan terhadap fungsi-fungsi utama pada perangkat fisik dan pada website monitoring untuk memvalidasi kesesuaian keluaran sistem terhadap hasil yang diharapkan, tanpa meninjau struktur kode program secara internal.

Tabel 5. Hasil pengujian black box pada perangkat

Fungsi yang Diuji	Hasil yang Diharapkan	Hasil
Koneksi & operasional alat	Perangkat merespons dan mengirim data dari ESP32	Berhasil
Deteksi sensor	Data ketinggian air terbaca akurat	Berhasil
Indikator LED	LED menyala sesuai status (hijau/kuning/merah)	Berhasil
Notifikasi buzzer	Buzzer berbunyi saat status Waspada	Berhasil
Tampilan LCD	LCD menampilkan status dan nilai ketinggian air	Berhasil

Berdasarkan Tabel 5, seluruh fungsi utama pada perangkat berhasil dijalankan sesuai dengan keluaran yang diharapkan.

Tabel 6. Hasil Pengujian Black Box pada Website Monitoring

Fungsi yang Diuji	Hasil yang Diharapkan	Hasil
Login / logout admin	Sistem mengarahkan admin sesuai validitas data & aksi keluar	Berhasil
Dashboard real-time	Data tinggi air, kapasitas, status, dan grafik tampil sesuai pembacaan sensor	Berhasil
Tabel monitoring	Riwayat pembacaan sensor tampil sesuai urutan waktu	Berhasil
Kelola kategori & data dokumentasi	Data tersimpan, diperbarui, atau terhapus dengan benar	Berhasil
Lokasi sensor	Peta Google Maps dan koordinat sensor tampil dengan benar	Berhasil
Integrasi & notifikasi Telegram	Pengguna terhubung ke grup dan menerima notifikasi status otomatis	Berhasil

Berdasarkan Tabel 5, seluruh fungsi utama *website monitoring*, mulai dari autentikasi, dashboard, monitoring, dokumentasi, lokasi sensor, hingga integrasi *Telegram*, berhasil dijalankan sesuai rancangan

Notifikasi Telegram, sebagai salah satu keluaran kunci sistem, teruji mengirimkan status sebelumnya, status terkini, serta rincian pembacaan sensor (tinggi air, persentase kapasitas, jarak ke sensor, dan waktu

pembacaan) secara otomatis setiap kali terjadi perubahan status



Gambar 7. Notifikasi Telegram bot

Gambar 7 menunjukkan notifikasi *Telegram Bot* yang berisi status kondisi air, ketinggian air, persentase kapasitas, jarak sensor, dan waktu pembacaan. *Notifikasi* dikirim secara otomatis ketika terjadi perubahan status ketinggian air.

4.7. Hasil Pengujian Logika Program (White Box)

Pengujian *white box* dilakukan pada logika klasifikasi status ketinggian air di sisi backend untuk memastikan setiap jalur kondisional (*branch*) tereksekusi dan menghasilkan keluaran yang sesuai, termasuk penanganan *input* tidak valid.

Tabel 7 Hasil pengujian white box pada logika klasifikasi status

Skenario Uji	Logika yang Diuji	Hasil
API key tidak valid	Validasi kredensial perangkat	Valid – HTTP 401
Input tinggi air berupa teks	Validasi tipe data numerik	Valid – HTTP 400
Ketinggian air rendah	Klasifikasi status Aman (if)	Valid – status tersimpan
Ketinggian air sedang	Klasifikasi status Siaga (elseif)	Valid – status tersimpan
Ketinggian air tinggi/kritis	Klasifikasi status Waspada (else)	Valid – status tersimpan

Berdasarkan Tabel 7, seluruh skenario pengujian logika program menghasilkan keluaran yang sesuai, termasuk validasi API key, tipe data, dan klasifikasi status Aman, Siaga, serta Waspada.

4.8. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian, sistem yang dirancang dapat bekerja sesuai dengan tujuan penelitian dalam memantau ketinggian air dan

memberikan peringatan dini banjir rob. Sensor HC-SR04 mampu membaca jarak dengan baik pada rentang 20–350 cm, sedangkan LED, LCD, dan buzzer dapat memberikan indikator berdasarkan status Aman, Siaga, dan Waspada. Data hasil pengukuran juga dapat ditampilkan pada website dan dikirim melalui Telegram sehingga pengguna dapat memantau kondisi air secara langsung. Hasil pengujian 14 skenario menunjukkan bahwa fungsi sistem berjalan sesuai rancangan. Dengan demikian, sistem berbasis ESP32 dan IoT ini dapat membantu proses monitoring dan memberikan informasi peringatan dini banjir rob di wilayah Muara Angke.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem monitoring ketinggian air berbasis *IoT* menggunakan ESP32 dan sensor HC-SR04 berhasil dirancang dan dapat memantau kondisi air secara *real-time* melalui website serta memberikan peringatan melalui *LED*, *LCD*, *buzzer*, dan *Telegram*. Sistem mampu menentukan status Aman, Siaga, dan Waspada berdasarkan ketinggian air yang telah ditentukan serta mengirimkan informasi kepada pengguna secara otomatis. Dengan demikian, sistem dapat membantu masyarakat dalam memperoleh informasi dan peringatan dini banjir rob di wilayah Muara Angke. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan menambahkan sumber daya cadangan seperti panel surya, meningkatkan jangkauan peringatan, serta mengembangkan sistem *multi-sensor* dan fitur prediksi ketinggian air agar monitoring dapat dilakukan pada beberapa lokasi dan memberikan peringatan yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 3* Lisa As'syifa Agustina¹, Ashar Muda Lubis¹, Widodo Setiyo Pranowo² and IJurusan, "Analisis Kejadian Banjir ROB di Provinsi Bengkulu Periode 2022-2024," vol. 28, no. 1, pp. 25–34, 2025.
- [2] Z. Hidayah, S. Ardi, A. Ilhami, A. As-syakur, D. B. Wiyanto, and H. Wirayuhanto, "PESISIR SELATAN KABUPATEN TULUNGAGUNG JAWA TIMUR SPATIAL MODELLING OF TIDAL FLOOD DUE TO SEA LEVEL RISE IN THE SOUTHERN," pp. 1–12, 2023.
- [3] E. M. Hasiri and N. H. Allia, "Peringatan Dini Banjir Menggunakan Multi Sensor Pada Prototype Aliran Sungai Berbasis Internet of Things Flood Early Warning Using Multi Sensors on River Flow Prototypes Based on the Internet of Things," vol. 12, no. 1, pp. 60–69, 2023.
- [4] M. A. Y. Al Bustomi, "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING PERINGATAN DINI BENCANA BANJIR BERBASIS IOT MENGGUNAKAN PROTOKOL MQTT DENGAN NOTIFIKASI BOT TELEGRAM," pp. 1–13, 2022.
- [5] F. Amanda, S. Samsugi, and S. Alim, "Teknologi Deteksi Dini Banjir Daerah Aliran Sungai menggunakan Heltec Wifi LoRa 32 V2," vol. 9, no. 1, pp. 42–46, 2023.
- [6] M. Fikri, B. M. Husain, I. P. Ndruru, F. Ndruru, and F. Laiya, "Jurnal riset teknik komputer," vol. 2, no. 1, pp. 1–9, 2025.
- [7] T. Akhir *et al.*, "Rancang Bangun Prototype Sistem Monitoring Ketinggian Air Sungai Berbasis Mikrokontroler ESP32 dan Telegram sebagai Upaya Deteksi Banjir Secara Dini (Mitigasi Banjir)," no. 202010370311435, 2024.
- [8] A. Ovid and E. Yandani, "Prototype Sistem Pemantauan Tinggi Muka Air Berbasis Esp32 Untuk Sistem Pringatan Dini Banjir Melalui Telegram," vol. 5, no. 3, 2025, doi: 10.58794/jekin.v5i3.1634.
- [9] A. Syahfitri, "Internet of Things (IoT), Sejarah , Teknologi , dan Penerapannya," 2025.
- [10] E. B. Pramana, A. Hidayatullah, and U. D. Nusantara, "PERANCANGAN SISTEM INFORMASI MONITORING PROYEK BERBASIS WEB UNTUK MENDUKUNG IMPLEMENTASI," vol. 2, no. 2, pp. 34–43, 2022.
- [11] B. Fadillah, "PERANCANGAN PEMANTAUAN BANJIR REALTIME BERBASIS INTERNET OF THING MENGGUNAKAN ESP 32 TERINTERGRASI THINGSPEAK DAN," vol. 9, no. 2, pp. 3035–3041, 2025.
- [12] H. Nurfaizal, A. Efendi, and D. E. Prasetyo, "Pelatihan Pembuatan Website Personal Sebagai Media Informasi dan Publikasi Domain Web (Hosting)," vol. 01, no. 01, pp. 110–115, 2023.
- [13] H. A. Risaldy and R. S. Hardinata, "Rancang Bangun Sistem Informasi Menu makanan Berbasis Web (Studi Kasus : Rumah Makan Sipirok) Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer TGD," vol. 6, pp. 539–548, 2023.