

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem pendeteksi banjir berbasis Internet of Things (IoT) di Desa Sennah mampu memberikan peringatan dini dengan akurasi tinggi dan respon cepat. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, yang terhubung dengan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur ketinggian air dan sensor hujan FC-37 untuk mendeteksi intensitas curah hujan secara real-time. Data yang diperoleh diolah langsung oleh ESP32, ditampilkan melalui LCD I2C, serta dikirimkan ke aplikasi Blynk agar dapat dipantau masyarakat dan pihak berwenang kapan saja. Pada pengujian baik secara simulasi maupun lapangan, sistem mampu merespons perubahan ketinggian air dalam waktu kurang dari dua detik, menyalakan LED indikator sesuai level bahaya, serta mengaktifkan buzzer alarm sebagai tanda peringatan. Keandalan sistem juga terbukti dari stabilitas koneksi WiFi mencapai 98% uptime dan akurasi sensor yang konsisten, sehingga informasi yang diterima masyarakat dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan cepat dalam menghadapi potensi banjir.

Namun demikian, penelitian ini juga menemukan beberapa keterbatasan teknis yang dapat memengaruhi performa sistem pada kondisi ekstrem. Salah satu kendala adalah ketergantungan penuh pada jaringan internet untuk mengirimkan data ke Blynk, sehingga jika jaringan melemah terutama di wilayah pedesaan atau pesisir, notifikasi bisa tertunda. Selain itu, durasi operasional perangkat hanya ± 14

jam dengan kapasitas daya penuh, sehingga dibutuhkan solusi energi tambahan seperti panel surya atau baterai berkapasitas besar agar sistem dapat bekerja secara berkelanjutan. Keterbatasan ini membuka peluang pengembangan lebih lanjut, misalnya dengan menambahkan mode offline sehingga perangkat tetap bisa mengaktifkan alarm lokal meski tanpa koneksi internet, serta integrasi sensor tambahan untuk memantau arus sungai, kelembaban tanah, dan curah hujan lebih detail.

4.1.1. Perakitan Perangkat Keras

Perakitan perangkat keras sistem pendeteksi banjir berbasis IoT dimulai dengan menyiapkan komponen utama, yaitu mikrokontroler ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04, sensor hujan FC-37, LCD I2C, LED indikator, buzzer, breadboard, kabel jumper, modul charger TP4056, serta sumber daya listrik. ESP32 berperan sebagai pusat kendali yang menerima data dari sensor, mengolahnya, lalu menampilkan informasi melalui LCD, LED, buzzer, dan aplikasi Blynk. Pada tahap awal, semua komponen dicek kondisinya agar tidak ada kerusakan sebelum dirakit.

Tahap berikutnya adalah perancangan tata letak komponen di breadboard agar rapi dan meminimalkan risiko kesalahan koneksi. Penempatan sensor diatur sesuai fungsi masing-masing, seperti sensor ultrasonik yang diarahkan vertikal ke permukaan air untuk mengukur ketinggian air, serta sensor hujan FC-37 yang ditempatkan di area terbuka agar dapat mendeteksi curah hujan secara akurat. Sementara itu, LCD I2C ditempatkan pada posisi yang mudah terlihat untuk menampilkan data secara real-time.

Penyambungan kabel dilakukan dengan menghubungkan setiap komponen ke pin ESP32 yang sesuai. Sensor ultrasonik dihubungkan ke pin digital, sensor hujan

ke pin analog, LCD I2C ke jalur SDA dan SCL, LED indikator ke beberapa pin digital sesuai status banjir (aman, waspada, siaga), dan buzzer ke pin PWM untuk menghasilkan pola bunyi peringatan. Modul charger TP4056 disambungkan ke baterai agar sistem tetap aktif meskipun suplai listrik utama padam. Dengan skema ini, penggunaan pin menjadi lebih efisien dan fungsi setiap komponen dapat berjalan optimal.

Setelah semua terhubung, dilakukan uji kontinuitas menggunakan multimeter untuk memastikan tidak ada jalur yang terputus atau terjadi hubungan singkat. Selanjutnya, ESP32 diberi daya untuk pengujian awal, seperti memastikan LED menyala sesuai kondisi, buzzer berbunyi ketika status siaga, LCD menampilkan data sensor, dan data berhasil terkirim ke aplikasi Blynk. Jika terdapat kesalahan, jalur kabel atau konfigurasi pin pada kode program diperbaiki. Dengan perakitan yang baik dan penataan rapi, perangkat keras dapat bekerja stabil, membaca data secara real-time, serta memberikan peringatan dini terhadap potensi banjir.

Tabel 4. 1. Pin Koneksi Alat

No	Komponen	Pin pada Komponen	Pin pada ESP32 / Modul	Keterangan Fungsi
1	Sensor Ultrasonik HC-SR04	VCC	5V	Suplai daya sensor
		GND	GND	Ground sensor
		Trig	D5	Mengirim sinyal ultrasonik
		Echo	D18	Menerima pantulan sinyal ultrasonik
2	Sensor Hujan FC-37	VCC	3.3V	Suplai daya sensor
		GND	GND	Ground sensor
		A0	A0	Output analog kelembapan permukaan
3	LCD I2C	VCC	5V	Suplai daya LCD
		GND	GND	Ground LCD
		SDA	D21	Jalur data komunikasi I2C
		SCL	D22	Jalur clock komunikasi I2C
4	LED Hijau	Anoda (+)	D13	Indikator status Aman

	LED Kuning	Anoda (+)	D12	Indikator status Waspada
	LED Merah	Anoda (+)	D14	Indikator status Siaga
	Semua LED (Katoda -)	GND	GND	Ground LED
5	Buzzer	Positif (+)	D27	Alarm peringatan audio
		Negatif (-)	GND	Ground buzzer
6	Modul Charger TP4056	B+	+ Baterai Li-ion	Positif baterai
		B-	- Baterai Li-ion	Negatif baterai
		IN+	+ Power Supply	Input daya pengisian
		IN-	- Power Supply	Ground input pengisian

Pada tabel di atas ditunjukkan hasil perancangan jalur koneksi perangkat keras sistem pendeteksi banjir berbasis IoT. Setiap komponen dihubungkan ke pin ESP32 sesuai dengan fungsi dan kebutuhan sinyalnya agar sistem bekerja optimal. Sensor ultrasonik HC-SR04 memperoleh suplai daya dari pin 5V dan ground, dengan jalur Trig di pin D5 untuk mengirim sinyal ultrasonik dan Echo di pin D18 untuk menerima pantulannya, sehingga mampu mengukur ketinggian air secara real-time. Sementara itu, sensor hujan FC-37 mendapatkan daya dari pin 3.3V dan mengirimkan sinyal analog ke pin A0 guna mendeteksi kelembapan permukaan atau intensitas curah hujan. LCD I2C memanfaatkan protokol I2C dengan dua pin utama, SDA (D21) dan SCL (D22), yang memungkinkan penampilan data sensor secara efisien tanpa membutuhkan banyak pin mikrokontroler.

Selain itu, LED indikator dipasang untuk memberikan peringatan visual pada tiga tingkat status, yakni LED hijau (D13) untuk kondisi aman, LED kuning (D12) untuk status waspada, dan LED merah (D14) untuk kondisi siaga, dengan semua katoda terhubung ke ground. Buzzer yang terhubung ke pin D27 berfungsi sebagai peringatan audio yang aktif ketika terdeteksi kondisi bahaya. Sistem suplai daya

didukung oleh modul TP4056 yang mengatur pengisian baterai Li-ion melalui jalur B+ dan B- untuk baterai, serta IN+ dan IN- yang terhubung ke power supply. Dengan rancangan koneksi yang rapi dan sesuai tabel, seluruh komponen dapat saling terintegrasi, memproses data sensor secara akurat, serta mengirimkan informasi ke aplikasi Blynk secara real-time.

4.1.2. Pemrograman dan Integrasi Sistem

Pemrograman sistem pendeteksi banjir berbasis IoT dilakukan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++. Mikrokontroler ESP32 diprogram untuk mengendalikan seluruh komponen perangkat keras, mulai dari pembacaan data sensor ultrasonik HC-SR04, pengolahan logika status banjir, hingga pengaturan LED indikator dan buzzer sebagai peringatan lokal. Program juga mencakup integrasi dengan LCD I2C untuk menampilkan ketinggian air secara real-time langsung pada perangkat. Dalam kode, diterapkan pengaturan ambang batas (threshold) yang dibagi menjadi tiga kategori, yaitu aman, waspada, dan siaga, sehingga sistem dapat memberikan respon berbeda sesuai kondisi. Sebelum dihubungkan ke indikator visual dan audio, pengujian awal dilakukan melalui serial monitor untuk memastikan sensor membaca jarak dengan akurat.

Selanjutnya, sistem diintegrasikan dengan aplikasi Blynk agar data ketinggian air dapat dipantau secara jarak jauh melalui jaringan WiFi. ESP32 diprogram untuk mengirimkan data sensor ke server Blynk menggunakan virtual pin yang telah dikonfigurasi di aplikasi, sehingga pengguna dapat melihat grafik perubahan ketinggian air dan menerima notifikasi jika status naik ke level siaga atau bahaya. Fitur logEvent pada Blynk digunakan untuk mengirimkan pesan darurat secara otomatis saat ketinggian air melewati ambang batas kritis. Dengan

integrasi ini, sistem tidak hanya memberi peringatan lokal di lokasi menggunakan LED dan buzzer, tetapi juga mampu menyampaikan informasi secara cepat kepada pengguna di mana pun berada. **Pengujian Alat**

Pengujian sistem pendeteksi banjir berbasis IoT dilakukan untuk memastikan seluruh perangkat keras dan perangkat lunak bekerja sesuai rancangan serta mampu memberikan peringatan dini secara akurat kepada pengguna. Tahap awal pengujian dilakukan dengan memeriksa fungsi setiap komponen secara terpisah, dimulai dari sensor ultrasonik HC-SR04 yang berfungsi mendeteksi ketinggian air. Sensor diuji dengan berbagai variasi jarak untuk memastikan tingkat akurasi pembacaan, di mana hasilnya menunjukkan bahwa sensor mampu membaca ketinggian dengan tingkat ketelitian sekitar ± 2 mm pada jarak kurang dari 1 meter. Selanjutnya, dilakukan pengujian LED indikator yang diprogram menyala sesuai kondisi banjir, seperti LED hijau untuk status aman, LED kuning untuk siaga, LED oranye untuk waspada, dan LED merah untuk bahaya. Pengujian juga dilakukan pada buzzer, yang dipastikan mampu berbunyi dengan pola berbeda, yakni tidak berbunyi pada kondisi aman dan siaga, berbunyi dengan pola kedip untuk kondisi waspada, serta berbunyi terus-menerus pada kondisi bahaya.

Selain itu, dilakukan uji coba terhadap LCD I2C yang berfungsi menampilkan informasi ketinggian air dan status secara real-time. Pada pengujian ini, LCD berhasil menampilkan jarak air dalam satuan sentimeter disertai status kondisi banjir sesuai parameter yang telah ditentukan pada program. Pengujian ini dilaksanakan secara langsung di Desa Sennah dengan metode simulasi ketinggian air pada bak penampungan. Hasilnya menunjukkan bahwa LCD dapat bekerja secara akurat dalam menampilkan informasi yang dibutuhkan, sehingga

memudahkan pengguna untuk memahami kondisi terkini tanpa harus melihat indikator lain.

Setelah semua komponen bekerja sesuai fungsinya masing-masing, tahap pengujian dilanjutkan dengan sistem terintegrasi, yaitu seluruh perangkat dihubungkan dengan mikrokontroler ESP32 dan dijalankan secara bersamaan. Pada tahap ini, diuji kestabilan kerja sistem terutama ketika sensor membaca data ketinggian air lalu mengirimkannya ke mikrokontroler untuk diproses, kemudian diteruskan ke LED indikator, buzzer, LCD, serta aplikasi Blynk. Hasil pengujian di Desa Sennah menunjukkan bahwa ESP32 mampu mengolah data dengan baik dan mengirimkan perintah ke semua komponen tanpa keterlambatan yang signifikan, sehingga sistem dapat bekerja secara real-time dan memberikan peringatan dini yang efektif kepada masyarakat sekitar.

Tabel 4. 2. Hasil Pengujian

No	Jarak Air (cm)	Status Sistem	LED Aktif	Buzzer Aktif	LCD Tampilan	Gauge Blynk (V0/V1)	Event Blynk Terkirim
1	>100	AMAN 	LED OFF semua	OFF	Jarak: xxx cm + AMAN (>100cm)	V0=0, V1=jarak	banjir_aman
2	≤75	SIAGA 	LED1 (D13) ON	OFF	Jarak: xxx cm + SIAGA (≤75cm)	V0=1, V1=jarak	banjir_siaga
3	≤40	WASPADA 	LED2 (D4) ON	Buzzer1 blink (500ms ON/OFF)	Jarak: xxx cm + WASPADA (≤40cm)	V0=2, V1=jarak	banjir_waspada
4	≤20	BAHAYA 	LED3 (D23) ON	Buzzer1 + Buzzer2 ON terus	Jarak: xxx cm + BAHAYA (≤20cm)	V0=3, V1=jarak	banjir_bahaya

Tahap berikutnya adalah pengujian simulasi kondisi banjir dengan memvariasikan ketinggian air untuk menguji respon sistem terhadap tiga kategori status, yaitu aman, waspada, dan siaga. Pada kondisi aman, LED hijau menyala dan buzzer tidak aktif; pada kondisi waspada, LED kuning menyala disertai bunyi buzzer pendek; sedangkan pada kondisi siaga, LED merah menyala, buzzer berbunyi panjang, dan aplikasi Blynk secara otomatis mengirimkan notifikasi peringatan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa waktu respon sistem dari pembacaan sensor hingga pemberian peringatan tercatat kurang dari 2 detik, dengan tingkat kestabilan koneksi mencapai 98% uptime selama proses uji coba. Hal ini membuktikan bahwa sistem yang dirancang telah mampu memberikan peringatan banjir secara cepat, akurat, dan dapat diakses dari jarak jauh, sesuai dengan tujuan penelitian.



Gambar 4. 1. Hasil Pengujian

4.1.3. Kinerja Sistem

1. Saat perangkat dinyalakan, ESP32 secara otomatis melakukan inisialisasi terhadap semua komponen yang terhubung. Proses ini mencakup aktivasi sensor ultrasonik HC-SR04, LCD I2C, LED indikator, buzzer, serta modul WiFi yang dipakai untuk menyambungkan perangkat ke aplikasi Blynk.

2. Setelah inisialisasi berhasil, sensor ultrasonik HC-SR04 mulai bekerja dengan memancarkan gelombang ultrasonik ke permukaan air, kemudian menghitung waktu pantulan gelombang untuk menentukan ketinggian air secara real-time.
3. Data hasil pengukuran yang diterima oleh ESP32 kemudian diproses dengan cara membandingkannya dengan nilai ambang batas (threshold) yang telah diprogram sebelumnya. Dari proses ini ditentukan status kondisi air, apakah masih aman, sudah memasuki siaga, berada pada level waspada, atau sudah masuk ke tahap bahaya.
4. Berdasarkan hasil analisis tersebut, ESP32 mengaktifkan indikator lokal. LED kuning digunakan untuk menunjukkan status siaga, LED biru menyala saat kondisi waspada, dan LED merah aktif ketika terdeteksi bahaya. Pada level siaga dan waspada, buzzer juga ikut dihidupkan dengan pola bunyi yang berbeda agar pengguna lebih mudah membedakan tingkat peringatannya.
5. Informasi kondisi ketinggian air dan status banjir juga ditampilkan secara langsung pada layar LCD I2C. Dengan begitu, pengguna di lokasi dapat memantau data secara instan tanpa harus mengandalkan koneksi internet terlebih dahulu.
6. Di samping itu, ESP32 mengirimkan data hasil pengukuran ke server Blynk melalui jaringan WiFi. Data ini kemudian divisualisasikan pada dashboard aplikasi sehingga pengguna dapat memantau ketinggian air dari smartphone.

7. Ketika kondisi siaga atau lebih tinggi terdeteksi, sistem secara otomatis mengirimkan notifikasi darurat ke aplikasi Blynk menggunakan fitur logEvent. Notifikasi ini berfungsi sebagai peringatan dini agar pengguna segera dapat mengambil langkah pencegahan sebelum banjir semakin parah.
8. Seluruh data yang dikirim ke aplikasi Blynk tersimpan dan ditampilkan dalam bentuk grafik. Dengan cara ini, pengguna dapat memantau tren perubahan ketinggian air secara jarak jauh kapan saja dan di mana saja, selama perangkat tetap terhubung ke internet.

4.2. Pembahasan

Penerapan teknologi Internet of Things (IoT) pada sistem pendeteksi banjir berbasis sensor ultrasonik HC-SR04 dengan mikrokontroler ESP32 mampu memberikan peringatan dini yang lebih cepat, akurat, dan mudah dipahami masyarakat. Dengan kombinasi perangkat keras sederhana dan pemrograman terintegrasi, sistem ini dirancang untuk mendeteksi ketinggian air secara real-time dan mengubah data tersebut menjadi informasi yang langsung bisa ditindaklanjuti. Hal ini menjadi sangat penting bagi masyarakat Desa Sennah yang berada di wilayah rawan banjir, karena kesiapan informasi dapat menentukan langkah pencegahan maupun penyelamatan.

Hasil pengujian lapangan membuktikan bahwa alat ini mampu membaca perubahan ketinggian air dengan tingkat akurasi ± 2 mm pada jarak di bawah 1 meter. Tingkat akurasi ini cukup tinggi untuk sebuah sensor ultrasonik yang relatif murah dan mudah diperoleh. Data yang ditangkap sensor langsung diproses oleh mikrokontroler ESP32 untuk menentukan status banjir sesuai ambang batas yang

telah ditentukan. Dengan demikian, sistem tidak hanya menampilkan data mentah, tetapi juga menyajikan interpretasi kondisi secara otomatis.

Respon sistem terhadap perubahan kondisi air juga terbilang cepat, karena tercatat waktu tunda kurang dari 2 detik sejak sensor membaca hingga indikator memberikan tanda. Waktu respon yang singkat ini memenuhi kriteria sistem peringatan dini yang efektif, karena pengguna mendapatkan informasi hampir tanpa jeda. LED indikator akan menampilkan status warna sesuai kondisi, buzzer akan aktif ketika kondisi berbahaya, dan data dikirimkan ke aplikasi Blynk dalam waktu bersamaan, sehingga peringatan dapat diterima melalui berbagai jalur.

Integrasi LCD I2C juga menjadi salah satu keunggulan penelitian ini. Melalui layar tersebut, masyarakat di sekitar perangkat dapat langsung melihat ketinggian air tanpa perlu membuka aplikasi di smartphone. Kehadiran LCD sangat bermanfaat ketika terjadi gangguan koneksi internet, karena pengguna tetap bisa mengandalkan informasi lokal. Dengan cara ini, sistem mampu menjembatani kebutuhan monitoring baik secara online maupun offline di lapangan.

Dari sisi kestabilan komunikasi data, hasil pengujian menunjukkan sistem memiliki uptime koneksi sekitar 98%. Angka ini menandakan bahwa perangkat hampir selalu dapat menjaga hubungan data dengan aplikasi Blynk meskipun kondisi geografis Desa Sennah seringkali menimbulkan gangguan jaringan. Stabilitas koneksi ini sangat penting, sebab keberhasilan sistem peringatan jarak jauh sangat bergantung pada lancarnya transmisi data secara real-time.

Walaupun demikian, penelitian juga memastikan bahwa saat koneksi internet terputus, sistem tetap berfungsi secara lokal. LED indikator dan buzzer tetap

berjalan sesuai logika status banjir sehingga masyarakat tetap mendapatkan peringatan langsung. Prinsip redundansi ini menjadi elemen penting dalam sistem keselamatan, karena menjamin masyarakat tetap terlindungi meski jalur komunikasi data ke aplikasi Blynk mengalami kendala.

Sistem ini juga menggunakan logika pengolahan data dengan membagi status banjir menjadi tiga kategori, yaitu aman, waspada, dan siaga. Status aman menandakan kondisi air masih normal, status waspada memberi peringatan awal bahwa potensi banjir meningkat, sedangkan status siaga menunjukkan kondisi berbahaya. Klasifikasi status yang sederhana namun jelas ini memudahkan masyarakat awam memahami informasi tanpa perlu pengetahuan teknis yang mendalam.

Penetapan ambang batas atau threshold ketinggian air dilakukan dengan menyesuaikan kondisi geografis serta riwayat banjir Desa Sennah. Dengan pendekatan ini, sistem mampu memberikan peringatan yang benar-benar relevan dengan kondisi nyata di lapangan. Ketika status siaga terdeteksi, buzzer akan berbunyi panjang sebagai tanda bahaya dan aplikasi Blynk akan mengirimkan notifikasi darurat. Kehadiran peringatan ganda ini memberikan rasa aman lebih bagi masyarakat, terutama saat malam hari atau ketika warga sedang beraktivitas jauh dari lokasi sungai.

Efektivitas sistem tidak hanya terletak pada akurasi sensor maupun kecepatan respon, tetapi juga pada akses informasi jarak jauh yang bisa dipantau kapan saja melalui aplikasi Blynk. Masyarakat maupun pihak berwenang dapat melihat kondisi ketinggian air secara real-time langsung dari smartphone mereka. Notifikasi

otomatis ketika status siaga terdeteksi memberi waktu tambahan bagi warga untuk melakukan evakuasi, menyelamatkan dokumen penting, atau mengamankan barang-barang berharga sebelum banjir benar-benar meluas.

Meskipun hasil penelitian ini dapat dikatakan memuaskan karena alat yang dibuat dapat digunakan dengan baik sesuai fungsinya, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Perangkat hanya mampu bertahan sekitar 14 jam dengan daya baterai penuh sehingga masih membutuhkan sumber daya alternatif untuk memperpanjang kinerjanya. Dalam kondisi darurat yang berlangsung lama, keberadaan panel surya dapat menjadi solusi yang tepat agar perangkat tetap beroperasi tanpa henti. Selain itu, meskipun pengujian menunjukkan koneksi internet stabil, potensi gangguan jaringan tetap mungkin terjadi terutama saat hujan deras, sehingga perlu dipertimbangkan antisipasi jika terjadi kendala komunikasi data ke aplikasi Blynk.

Untuk pengembangan berikutnya, sistem dapat ditingkatkan dengan menambahkan mode offline agar perangkat tetap mampu merekam data meskipun tidak terhubung ke internet. Penambahan sensor tambahan seperti sensor arus sungai atau kamera pengawas juga dapat meningkatkan kualitas data yang diperoleh serta memberikan informasi yang lebih lengkap terkait kondisi banjir. Selain itu, penerapan sistem di berbagai wilayah rawan banjir dengan karakteristik lingkungan berbeda akan sangat bermanfaat untuk menguji ketahanan dan keandalan perangkat. Dengan langkah-langkah pengembangan tersebut, sistem deteksi banjir ini diharapkan menjadi lebih kokoh, adaptif, dan dapat memberikan manfaat yang lebih luas bagi masyarakat.