

Perancangan *Early Warning System* Banjir Berbasis *Internet Of Things* Secara *Real-Time*

¹Zidni Luqiyani, ²Aulia Hamdi, ³Darso

^{1*,2,3}Ilmu Komputer, Universitas Amikom Purwokerto, Banyumas, Indonesia

*Korespondensi: zidniluqi192@gmail.com

Submit : 17 Jul | Diterima : 03 Agust 2026 | Terbit : 05 Sept 2026

ABSTRACT

This study aims to design and develop an Internet Of Things (IoT)-based flood Early Warning System (EWS) Prototype using an ESP32 microcontroller, an HC-SR04 ultrasonic sensor, and a Water Level Sensor to provide Real-Time water level monitoring. The study was motivated by the limitations of manual water level monitoring, which often results in delayed information during potential flood events. The Prototype method was employed, consisting of problem identification, requirements analysis, Prototype design, implementation, system testing, and evaluation. The ultrasonic sensor was used to measure the distance to the water surface, while the Water Level Sensor served as a validation sensor to confirm the presence of water and reduce the possibility of false alarms. Sensor data were processed by the ESP32 to determine three warning levels: Normal, Alert, and Danger. The system then activated LED indicators, a buzzer, and sent notifications through the Telegram application via a Wi-Fi connection. Testing results showed that the ultrasonic sensor achieved an average measurement error of 1.47%, while the Water Level Sensor successfully distinguished between dry and wet conditions as a validation mechanism. Black-box testing confirmed that all system functions operated as intended, including sensor readings, LED indicators, buzzer activation, Wi-Fi connectivity, and Telegram notifications. Overall, the developed Prototype successfully provided Real-Time flood warnings, improved detection reliability through sensor integration, and demonstrated its potential to support flood disaster mitigation by delivering timely, accurate, and accessible early warning information..

Keywords: *Internet Of Things (IoT), Flood Early Warning System, ESP32, Ultrasonic Sensor HC-SR04, Water Level Sensor, Real-Time Monitoring, Telegram Notification.*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun *Prototype Early Warning System (EWS)* banjir berbasis *Internet Of Things (IoT)* menggunakan ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04, dan Water Level Sensor sebagai sistem peringatan dini yang mampu memberikan informasi kondisi ketinggian air secara *Real-Time*. Penelitian dilakukan karena proses pemantauan ketinggian air yang masih dilakukan secara manual sering menyebabkan keterlambatan penyampaian informasi saat terjadi potensi banjir, sehingga risiko kerugian dapat meningkat. Metode yang digunakan adalah *Prototype*, yang meliputi tahapan identifikasi masalah, analisis kebutuhan, perancangan *Prototype*, implementasi, pengujian sistem, dan evaluasi. Sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur jarak permukaan air, sedangkan Water Level Sensor berfungsi sebagai sensor validasi keberadaan air guna mengurangi kemungkinan false alarm. Data hasil pembacaan sensor diproses oleh ESP32 untuk menentukan status Normal, Siaga, dan Bahaya. Selanjutnya sistem mengaktifkan indikator LED, buzzer, serta mengirimkan notifikasi melalui aplikasi Telegram menggunakan jaringan Wi-Fi. Hasil pengujian menunjukkan sensor ultrasonik memiliki rata-rata persentase error sebesar 1,47%, sedangkan Water Level Sensor mampu membedakan kondisi kering dan basah dengan baik sebagai sensor validasi. Pengujian Black Box menunjukkan seluruh fungsi sistem berjalan sesuai rancangan. Berdasarkan hasil tersebut, *Prototype* yang dikembangkan berhasil memberikan informasi kondisi ketinggian air secara *Real-Time*, meningkatkan keandalan deteksi banjir, serta berpotensi mendukung mitigasi bencana melalui penyampaian peringatan dini yang lebih cepat, akurat, dan mudah diakses oleh masyarakat.

Kata Kunci: *Internet Of Things (IoT), Sistem Peringatan Dini Banjir, ESP32, Sensor Ultrasonik HC-SR04, Water Level Sensor, Pemantauan Real-Time, Notifikasi Telegram.*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki curah hujan relatif tinggi serta kondisi geografis yang menyebabkan berbagai wilayah rentan mengalami bencana banjir. Banjir dapat terjadi akibat meluapnya sungai, tingginya intensitas hujan, buruknya sistem drainase, maupun berkurangnya daerah resapan air akibat perkembangan kawasan permukiman (Hamsinar dkk., 2024). Dampak yang ditimbulkan tidak hanya berupa kerugian materi, tetapi juga mengganggu aktivitas masyarakat, merusak infrastruktur, serta membahayakan keselamatan jiwa. Oleh karena itu, pemantauan terhadap perubahan ketinggian air menjadi salah satu upaya yang penting dalam mendukung langkah antisipasi terhadap potensi terjadinya banjir (Rahim dkk., 2023).

Pemantauan ketinggian air masih banyak dilakukan secara manual dengan mengamati kondisi sungai atau saluran air secara langsung. Metode tersebut memiliki beberapa keterbatasan, seperti memerlukan kehadiran petugas di lokasi, kurang efisien, serta berisiko ketika kondisi cuaca buruk atau debit air meningkat secara tiba-tiba (M. Saputra & Rida, 2025). Selain itu, informasi mengenai kenaikan permukaan air sering kali terlambat diterima sehingga waktu yang tersedia untuk melakukan tindakan antisipasi maupun evakuasi menjadi terbatas (Ashri dkk., 2026). Kondisi tersebut menunjukkan perlunya suatu *Early Warning System* (EWS) yang mampu mendeteksi perubahan ketinggian air secara otomatis dan memberikan peringatan dini kepada masyarakat secara *Real-Time*.

Perkembangan teknologi *Internet Of Things* (IoT) memberikan solusi dalam pengembangan *Early Warning System* yang mampu menghubungkan berbagai perangkat melalui jaringan internet (Rahim, 2023). Dengan teknologi IoT, data yang diperoleh dari sensor dapat diproses oleh mikrokontroler dan dikirimkan kepada pengguna secara langsung sehingga kondisi ketinggian air dapat dipantau dari jarak jauh. Pemanfaatan teknologi ini mampu meningkatkan efektivitas proses pemantauan sekaligus mempercepat penyampaian informasi ketika terjadi kenaikan permukaan air sehingga masyarakat dapat mengambil tindakan lebih cepat (Prawiyogi & Anwar, 2023).

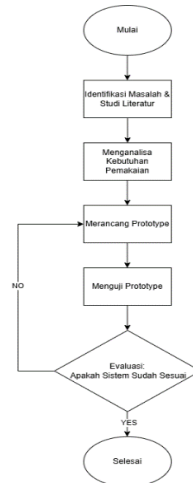
Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem IoT adalah ESP32. Mikrokontroler ini telah dilengkapi dengan modul Wi-Fi terintegrasi, memiliki kemampuan pemrosesan yang tinggi, konsumsi daya yang relatif rendah, serta mendukung berbagai antarmuka komunikasi dengan sensor (Aziz & Sujono, 2022). Pada penelitian ini, sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur jarak antara sensor dengan permukaan air sehingga ketinggian air dapat diketahui, sedangkan sensor air digunakan sebagai pendeteksi keberadaan air untuk meningkatkan keandalan sistem (Fernanda & Syukron, 2025). Informasi hasil pemantauan ditampilkan melalui indikator LED, alarm buzzer, serta dikirimkan kepada pengguna melalui aplikasi Telegram sebagai media notifikasi secara *Real-Time*.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas sistem monitoring ketinggian air berbasis *Internet Of Things* (IoT) dengan pendekatan yang berbeda. Penelitian oleh (Dswilan dkk., 2021) mengembangkan sistem monitoring banjir menggunakan sensor ultrasonik JSN-SR04T dan modul SIM900A untuk mengirimkan informasi melalui SMS. Namun, sistem tersebut masih menggunakan layanan SMS sebagai media penyampaian informasi sehingga kurang praktis dibandingkan aplikasi perpesanan berbasis internet. Selanjutnya, penelitian oleh (Darso dkk., 2023) merancang sistem pendeteksi dan monitoring ketinggian air menggunakan NodeMCU ESP8266, sensor ultrasonik, dan aplikasi Blynk. Akan tetapi, penelitian tersebut belum dilengkapi dengan sensor water level sebagai pendeteksi keberadaan air serta belum menyediakan notifikasi melalui Telegram. Di sisi lain, penelitian oleh (Husnah dkk., 2024) mengembangkan alat monitoring ketinggian air menggunakan NodeMCU ESP8266, sensor ultrasonik, buzzer, LED, dan aplikasi Blynk. Namun, sistem tersebut masih mengandalkan Blynk sebagai media notifikasi dan belum memanfaatkan Telegram sebagai media peringatan yang lebih mudah diakses.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, masih terbatas penelitian yang mengintegrasikan ESP32, sensor ultrasonik, Water Level Sensor, LED, buzzer, dan Telegram dalam satu *Early Warning System* banjir berbasis *Internet Of Things* (IoT). Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada perancangan *Early Warning System* banjir berbasis *Internet Of Things* secara *Real-Time* yang mampu memantau perubahan ketinggian air, memberikan peringatan dini melalui indikator LED dan buzzer, serta mengirimkan notifikasi kepada pengguna melalui aplikasi Telegram sehingga informasi mengenai potensi banjir dapat diterima dengan cepat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Prototype*. Metode *Prototype* merupakan metode pengembangan sistem yang dilakukan dengan membuat model awal (*Prototype*) yang kemudian dievaluasi dan disempurnakan secara bertahap melalui proses yang bersifat iteratif. Metode ini dipilih karena memiliki tahapan yang sistematis sehingga sistem dapat terus dievaluasi dan disempurnakan hingga menghasilkan *Early Warning System* banjir berbasis *Internet Of Things* (IoT) secara *Real-Time* yang sesuai dengan kebutuhan penelitian. Berdasarkan alur penelitian yang dirancang pada Gambar 1, tahapan penelitian dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut (Nabila,2025) :



Gambar 1 Metode *Prototype*

Identifikasi Masalah dan Studi Literatur

Tahap identifikasi masalah dilakukan untuk mengetahui kendala dalam proses pemantauan ketinggian air yang masih dilakukan secara manual sehingga informasi mengenai kenaikan permukaan air sering terlambat diterima. Permasalahan tersebut menjadi dasar dalam pengembangan *Early Warning System* banjir berbasis *Internet Of Things* (IoT) yang mampu memberikan peringatan dini secara *Real-Time*. Selain itu, dilakukan studi literatur dengan mempelajari teori serta penelitian terdahulu yang berkaitan dengan banjir, *Internet Of Things* (IoT), ESP32, sensor ultrasonik, sensor air, LED, buzzer, dan Telegram sebagai acuan dalam proses pengembangan sistem.

Menganalisa Kebutuhan Pemakaian

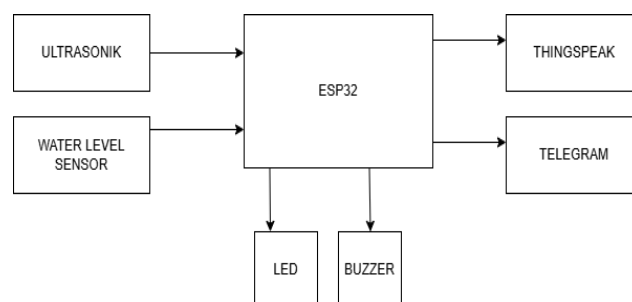
Pada tahap ini dilakukan analisis kebutuhan sistem, baik perangkat keras maupun perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian. Analisis dilakukan untuk menentukan kebutuhan komponen, sensor, mikrokontroler, serta alur kerja *Early Warning System* banjir berbasis IoT.

Merancang *Prototype*

Tahap perancangan *Prototype* meliputi perancangan perangkat lunak (sistem) dan perangkat keras yang diintegrasikan untuk memenuhi kebutuhan monitoring :

Perancangan Sistem (*SoftWare*)

Diagram sistem digunakan untuk menggambarkan hubungan antar komponen dalam *Early Warning System* banjir berbasis *Internet Of Things* (IoT) pada Gambar 2 dibawah ini:

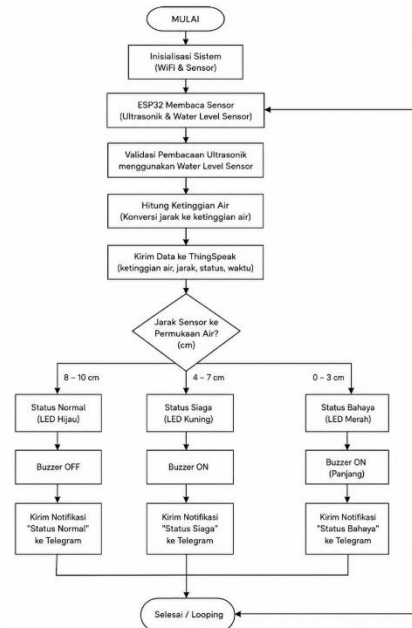


Gambar 2 Diagram Sistem

Diagram sistem menggambarkan alur kerja *Early Warning System* banjir berbasis *Internet Of Things* (IoT). Sensor ultrasonik mengukur ketinggian air, sedangkan Water Level Sensor memvalidasi keberadaan air untuk meningkatkan keakuratan pembacaan. Data dari kedua sensor diproses oleh ESP32, kemudian dikirim melalui Wi-Fi ke ThingSpeak untuk pemantauan secara *Real-Time*. Berdasarkan hasil pembacaan, sistem menentukan status Normal, Siaga, atau Bahaya, lalu mengaktifkan LED, buzzer, serta mengirimkan notifikasi melalui Telegram sehingga kondisi banjir dapat dipantau secara langsung maupun dari jarak jauh.

Flowchart Sistem

Flowchart sistem menggambarkan alur kerja logika pemrograman *Early Warning System* banjir pada Gambar 3.

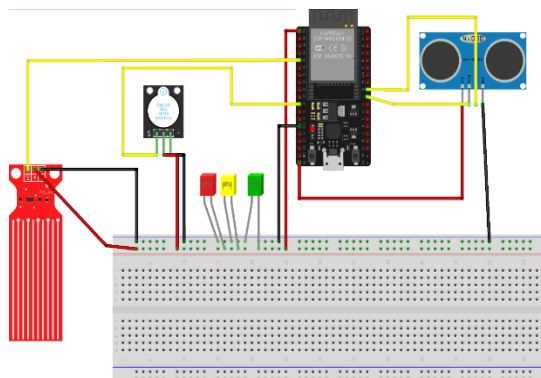


Gambar 3 *Flowchart* Sistem

Alur sistem Berdasarkan Gambar 3, dimulai dengan inisialisasi ESP32, koneksi Wi-Fi, sensor ultrasonik, dan Water Level Sensor. Setelah inisialisasi berhasil, ESP32 membaca data ketinggian air dari sensor ultrasonik dan memvalidasinya menggunakan Water Level Sensor. Berdasarkan hasil pembacaan, sistem menentukan status Normal (8–10 cm), Siaga (4–7 cm), atau Bahaya (0–3 cm). Selanjutnya, ESP32 mengaktifkan LED dan buzzer sesuai tingkat peringatan serta mengirimkan notifikasi melalui Telegram. Proses pembacaan sensor dilakukan secara berulang (looping) sehingga pemantauan ketinggian air dapat berlangsung secara *Real-Time*.

Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perancangan perangkat keras dilakukan dengan menghubungkan seluruh komponen elektronik yang digunakan dalam sistem berdasarkan skema rangkaian pada Gambar 4 dibawah ini:



Gambar 4 Perancangan Perangkat Keras

Pada *Early Warning System* banjir berbasis *Internet Of Things* (IoT) ini, sensor ultrasonik dan Water Level Sensor dihubungkan ke ESP32 untuk mendeteksi kondisi ketinggian air secara *Real-Time*. Sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur jarak antara sensor dengan permukaan air, sedangkan Water Level Sensor berfungsi mendeteksi keberadaan air sebagai pendukung proses monitoring. ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali yang mengolah data hasil pembacaan kedua sensor. Apabila ketinggian air melebihi batas yang telah ditentukan, ESP32 akan mengaktifkan LED sebagai indikator visual, membunyikan buzzer sebagai alarm peringatan, serta mengirimkan notifikasi melalui aplikasi Telegram kepada pengguna melalui jaringan Wi-Fi.

Pengujian Sistem

Tahap Tahap pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja, akurasi, keandalan, dan kesesuaian *Prototype Early Warning System* banjir berbasis *Internet Of Things* (IoT) yang telah dibangun. Pengujian dilakukan menggunakan metode Black Box Testing untuk memastikan setiap fungsi sistem berjalan sesuai dengan rancangan tanpa memperhatikan struktur program yang digunakan.

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap hasil pengukuran menggunakan penggaris sebagai nilai referensi pada beberapa variasi ketinggian air. Hasil pengujian digunakan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor serta menghitung persentase error pembacaan.

$$\text{Error (\%)} = \frac{|\text{Nilai Sensor} - \text{Nilai Referensi}|}{\text{Nilai Referensi}} \times 100\% \quad (\text{Rumus 3. 1})$$

Gambar 5 Pengujian Sistem

Pengujian Water Level Sensor dilakukan dengan mengamati perubahan nilai pembacaan sensor (ADC) pada beberapa kondisi perendaman. Hasil pengujian digunakan untuk menentukan nilai ambang (threshold) sebagai proses validasi keberadaan air sehingga dapat meningkatkan keandalan hasil pembacaan sensor ultrasonik.

Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap LED sebagai indikator visual, buzzer sebagai alarm peringatan, serta pengiriman notifikasi melalui aplikasi Telegram untuk memastikan seluruh komponen bekerja sesuai dengan kondisi Normal, Siaga, dan Bahaya. Tahap akhir pengujian dilakukan dengan mensimulasikan kenaikan ketinggian air pada *Prototype* untuk mengevaluasi kinerja sistem secara keseluruhan dalam mendeteksi perubahan permukaan air serta memberikan peringatan dini secara *Real-Time*.

Memperbaiki *Prototype* (Evaluasi)

Tahap evaluasi dilakukan berdasarkan hasil pengujian terhadap seluruh komponen sistem. Evaluasi bertujuan untuk mengetahui apakah *Prototype* telah berfungsi sesuai dengan kebutuhan penelitian, baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak. Apabila masih ditemukan kesalahan pembacaan sensor, keterlambatan pengiriman notifikasi, maupun ketidaksesuaian respons LED dan buzzer terhadap kondisi ketinggian air, maka dilakukan perbaikan pada rangkaian maupun program hingga sistem bekerja secara optimal.

Setelah seluruh proses perbaikan selesai, dilakukan pengujian ulang untuk memastikan setiap fungsi sistem berjalan dengan baik sesuai dengan rancangan. *Prototype* dinyatakan berhasil apabila mampu mendeteksi perubahan ketinggian air secara akurat, memvalidasi keberadaan air menggunakan Water Level Sensor, menentukan status Normal, Siaga, dan Bahaya, mengaktifkan LED dan buzzer sesuai tingkat peringatan, serta mengirimkan notifikasi melalui aplikasi Telegram secara *Real-Time* sebagai *Early Warning System* banjir berbasis *Internet Of Things* (IoT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kebutuhan

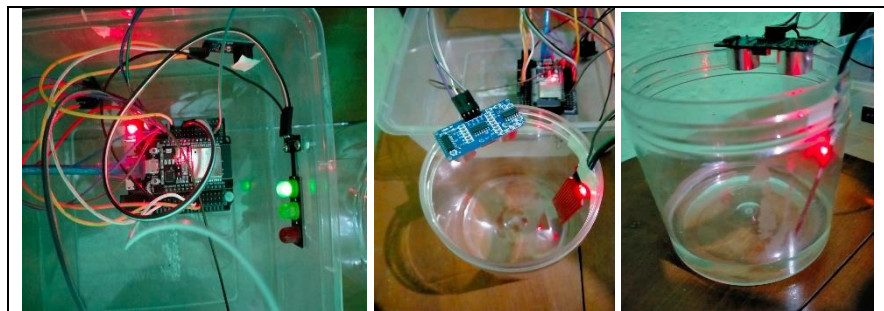
Berdasarkan hasil analisis, perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini meliputi ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai sensor utama untuk mengukur ketinggian air, Water Level Sensor sebagai sensor validasi keberadaan air, LED sebagai indikator kondisi, buzzer sebagai alarm peringatan, breadboard, level converter, kabel jumper, serta wadah air sebagai media simulasi. Adapun perangkat lunak yang digunakan

meliputi Arduino IDE versi 2.3.6 sebagai media pemrograman, Fritzing untuk perancangan rangkaian, Telegram sebagai media pengiriman notifikasi, serta jaringan Wi-Fi sebagai media komunikasi data. Seluruh kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak tersebut berhasil dipenuhi sehingga dapat mendukung pembangunan *Prototype Early Warning System* banjir berbasis *Internet Of Things* (IoT) secara *Real-Time*.

Realisasi Rancang Bangun *Prototype* Sistem

Pada tahap ini dilakukan realisasi *Prototype Early Warning System* banjir berbasis *Internet Of Things* (IoT) melalui implementasi perangkat keras (*Hardware*) dan perangkat lunak (*SoftWare*). Seluruh komponen diintegrasikan sehingga sistem mampu membaca data dari sensor ultrasonik dan Water Level Sensor, mengolah data menggunakan ESP32, menentukan kondisi Normal, Siaga, dan Bahaya, mengaktifkan LED dan buzzer sebagai media peringatan, serta mengirimkan notifikasi kepada pengguna melalui aplikasi Telegram secara *Real-Time*.

a. Realisasi Perangkat (*Hardware*)



Gambar 6 Realisasi Hardware

Berdasarkan Gambar 6, *Prototype Early Warning System* banjir berbasis *Internet Of Things* (IoT) berhasil direalisasikan dengan mengintegrasikan ESP32 sebagai pusat kendali, sensor ultrasonik sebagai sensor utama pengukur jarak permukaan air, serta Water Level Sensor sebagai sensor validasi keberadaan air. Selain itu, sistem dilengkapi dengan LED hijau, LED kuning, dan LED merah sebagai indikator kondisi, serta buzzer sebagai alarm peringatan. Seluruh komponen dirakit menjadi satu kesatuan *Prototype* yang mampu melakukan pemantauan kondisi ketinggian air secara *Real-Time*. Data hasil pembacaan sensor diproses oleh ESP32 untuk menentukan status Normal, Siaga, atau Bahaya. Selanjutnya, ESP32 mengaktifkan LED dan buzzer sesuai kondisi yang terdeteksi serta mengirimkan notifikasi melalui aplikasi Telegram menggunakan jaringan Wi-Fi sehingga informasi mengenai potensi banjir dapat diterima oleh pengguna secara cepat dan *Real-Time*.

b. Realisasi Perangkat Lunak (*SoftWare*)

Pemrograman sistem dilakukan menggunakan Arduino IDE versi 2.3.6. Program pada ESP32 digunakan untuk:

Fungsi Koneksi wifi

```
const char* ssid = "JULIET";
const char* password = "Mirza123";

void setup() {
  ...

  WiFi.begin(ssid, password);
  Serial.print("Menghubungkan WiFi");

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }

  Serial.println("\nWiFi Terhubung");
}
```

Gambar 7 Fungsi Koneksi Wifi

Berdasarkan Gambar 7, program digunakan untuk menghubungkan ESP32 ke jaringan WiFi menggunakan SSID dan password yang telah ditentukan. Setelah koneksi berhasil, ESP32 dapat mengakses internet untuk mengirimkan notifikasi serta berkomunikasi dengan Bot Telegram.

Fungsi Membaca Sensor Ultrasonik

```

#define TRIG_PIN 5
#define ECHO_PIN 18

int bacaJarak() {
  long durasi;

  digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(TRIG_PIN, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);

  durasi = pulseIn(ECHO_PIN, HIGH, 30000);

  if (durasi == 0)
    return -1;

  return durasi * 0.0343 / 2;
}

```

Gambar 8 Fungsi Membaca Sensor Ultrasonik

Berdasarkan Gambar 8, program digunakan untuk membaca jarak permukaan air menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04. Nilai jarak diperoleh dari hasil perhitungan waktu pantulan gelombang ultrasonik dan digunakan sebagai acuan dalam menentukan status kondisi air.

Fungsi Membaca Water Level Sensor

```

#define WATER_LEVEL_PIN 34
#define WATER_THRESHOLD 500

waterLevelGlobal = analogRead(WATER_LEVEL_PIN);

String cekKondisiAir(int wlValue) {
  if (wlValue < WATER_THRESHOLD) {
    return "Kering";
  } else {
    return "Ada Air (Basah)";
  }
}

```

Gambar 9 Fungsi Membaca Water Level

Berdasarkan Gambar 9, program digunakan untuk membaca kondisi keberadaan air menggunakan sensor Water Level. Nilai analog yang diperoleh dibandingkan dengan nilai ambang batas (threshold) sehingga sistem dapat menentukan apakah sensor berada dalam kondisi kering atau terdapat air.

Fungsi program telegram

```

sketch_jul18a.ino
1  #define BOT_TOKEN "BOT_TOKEN"
2  #define CHAT_ID "CHAT_ID"
3
4  WiFiClientSecure client;
5  UniversalTelegramBot bot(BOT_TOKEN, client);
6
7  client.setInsecure();
8
9  bot.sendMessage(CHAT_ID,
10 " ESP32 EARLY WARNING SYSTEM BANJIR. Ketik /status untuk mengecek.", "");
11
12 if (text == "/status") {
13   String pesan = buatPesanStatus(
14     statusGlobal,
15     jarakGlobal,
16     waterLevelGlobal);
17
18   bot.sendMessage(chat_id, pesan, "Markdown");
19 }

```

Gambar 10 Fungsi Program Telegram

Berdasarkan Gambar 10, program digunakan untuk menghubungkan ESP32 dengan Bot Telegram. Program ini berfungsi mengirimkan notifikasi kondisi sistem secara otomatis serta merespons perintah /status untuk menampilkan informasi monitoring kepada pengguna.

Fungsi Alarm Buzzer

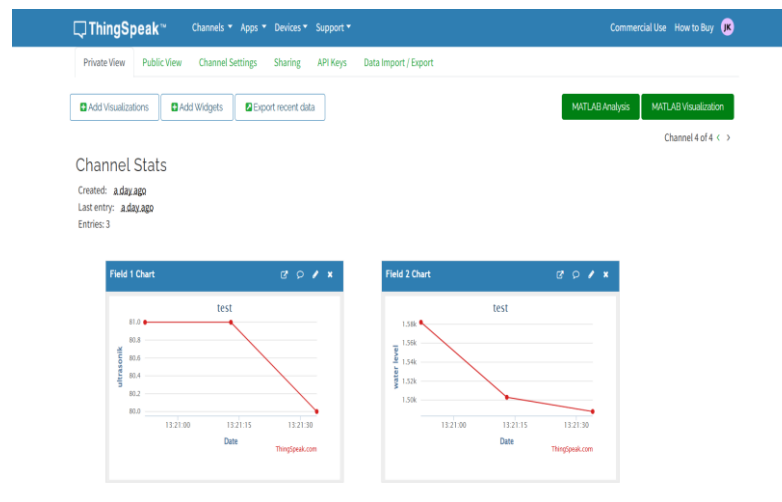
```
if (alarmSekarang) {
  digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
  delay(1000);
  digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
  delay(50);
}
else {
  digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
}
```

Gambar 11 Fungsi Alarm

Berdasarkan Gambar 11, program digunakan untuk mengendalikan buzzer sebagai alarm peringatan. Buzzer akan mati pada kondisi Normal, berbunyi putus-putus pada kondisi Siaga, dan berbunyi terus-menerus pada kondisi Bahaya. Realisasi antarmuka dari perangkat lunak yang telah terintegrasi dengan sistem IoT dijabarkan sebagai berikut:

Tampilan Dashboard Thingspeak

Dashboard ThingSpeak digunakan sebagai media pemantauan data sensor secara realtime. Data yang dikirimkan oleh ESP32 berupa nilai jarak permukaan air dari sensor ultrasonik HC-SR04 dan nilai pembacaan Water Level Sensor. Melalui dashboard ini, pengguna dapat melihat perubahan data sensor dalam bentuk grafik sehingga kondisi ketinggian air dapat dipantau secara jarak jauh.

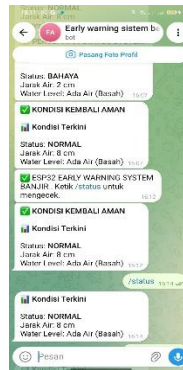


Gambar 12 Dashboard Thingspeak

Berdasarkan Gambar 12, dashboard ThingSpeak berhasil menampilkan data hasil pembacaan sensor yang dikirimkan oleh ESP32 melalui jaringan WiFi. Grafik pada dashboard menunjukkan perubahan nilai jarak air dan nilai Water Level Sensor secara berkala sesuai dengan kondisi yang terbaca oleh sensor. Data tersebut dapat digunakan sebagai media monitoring kondisi air pada sistem *Early Warning System* (EWS) banjir, sehingga pengguna dapat mengetahui perubahan kondisi air tanpa harus berada langsung di lokasi pemantauan.

Tampilan Notifikasi Telegram

Fitur Telegram Bot berhasil mengirimkan notifikasi otomatis ketika sistem mendeteksi perubahan status menjadi Siaga atau Bahaya serta mengirimkan pemberitahuan ketika kondisi kembali Normal. Selain itu, pengguna dapat menggunakan perintah `/status` untuk mengetahui kondisi sistem secara *Real-Time*.



Gambar 13 Notifikasi Telegram

Berdasarkan Gambar 13, Bot Telegram berhasil mengirimkan notifikasi secara otomatis ketika terjadi perubahan status sistem, seperti kondisi Bahaya dan kondisi kembali Normal. Selain itu, pengguna juga dapat mengetahui kondisi terkini dengan mengirimkan perintah /status, sehingga informasi mengenai status, jarak air, dan kondisi sensor Water Level dapat dipantau secara *Real-Time* dan pengguna dapat segera melakukan tindakan apabila terjadi potensi banjir.

Pengujian

Pengujian sensor dilakukan untuk mengetahui persentase error pembacaan sensor ultrasonik serta memastikan Water Level Sensor dapat berfungsi sebagai sensor validasi keberadaan air. Pengujian sensor ultrasonik dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap hasil pengukuran menggunakan penggaris sebagai alat ukur referensi. Persentase error dihitung menggunakan rumus pada Persamaan (3.1) yang telah dijelaskan pada BAB III. Selanjutnya, Water Level Sensor diuji untuk memastikan kemampuannya dalam mendeteksi ada atau tidaknya air pada titik pemasangan sebagai proses validasi terhadap pembacaan sensor ultrasonik.

Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan pada beberapa variasi jarak antara sensor dan permukaan air. Setiap titik pengujian dilakukan sebanyak 5 kali, kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Hasil rata-rata pembacaan sensor dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan penggaris sebagai alat ukur referensi untuk memperoleh persentase error pembacaan sensor.

Tabel 1 Pengujian Sensor Ultrasonik

No	Ultrasonik cm	Penggaris cm	Selisih	Error(%)
1	8	8	0	0
2	7	6,8	0,20	2,94
3	5	5,1	0,10	1,96
4	4	4,1	0,10	2,44
5	3	3	0	0
Rata-rata				1,47

Berdasarkan hasil pengujian sensor ultrasonik pada lima titik pengukuran yang ditunjukkan pada Tabel 2, diperoleh rata-rata persentase error sebesar 1,47%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa hasil pembacaan sensor memiliki tingkat kesesuaian yang baik dengan hasil pengukuran menggunakan penggaris sebagai alat ukur referensi. Perbedaan hasil pembacaan pada beberapa titik pengukuran dapat dipengaruhi oleh karakteristik sensor ultrasonik, posisi pemasangan sensor, pantulan gelombang ultrasonik, serta kondisi permukaan air saat pengujian. Meskipun demikian, persentase error yang relatif kecil menunjukkan bahwa sensor ultrasonik dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan jarak permukaan air pada *Prototype Early Warning System* banjir berbasis *Internet Of Things* (IoT).

Hasil Pengujian Water Level Sensor

Tabel 2 Pengujian Water Level

No	Kondisi	ADC	Status
1	Kering	0	Kering
2	Basah	2301	Basah

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3, Water Level Sensor mampu membedakan kondisi kering dan basah dengan baik. Pada kondisi kering, sensor menghasilkan nilai ADC sebesar 0 sehingga sistem mengidentifikasi bahwa belum terdapat air pada titik pemasangan sensor. Sebaliknya, ketika sensor terkena air, nilai ADC meningkat hingga berkisar antara 2301 sehingga sistem mengidentifikasi adanya air. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa Water Level Sensor dapat berfungsi sebagai sensor validasi terhadap pembacaan sensor ultrasonik. Sensor tidak digunakan untuk mengukur ketinggian air, melainkan untuk memastikan bahwa permukaan air telah mencapai titik sensor. Dengan adanya proses validasi tersebut, sistem dapat mengurangi potensi kesalahan deteksi (false alarm) yang mungkin terjadi apabila sensor ultrasonik mengalami gangguan pembacaan akibat pantulan gelombang atau adanya benda di permukaan air.

Pengujian Validasi Sensor Ultrasonik dan Water Level

Tabel 3 Pengujian Validasi

No	Jarak Ultrasonik (cm)	Kondisi Water Level	Status Sistem	Status (Valid/Tidak)
1	8	Kering	Normal	Valid
2	6	Kering	Normal	Valid
3	2	Kering	Normal	Valid
4	8	Basah	Normal	Valid
5	6	Basah	Siaga	Valid
6	2	Basah	Bahaya	Valid

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4, kombinasi sensor ultrasonik dan Water Level Sensor berhasil bekerja sesuai dengan logika sistem yang telah dirancang. Ketika Water Level Sensor masih dalam kondisi kering, sistem tetap menetapkan status Normal meskipun pembacaan sensor ultrasonik menunjukkan jarak yang lebih dekat. Setelah Water Level Sensor mendeteksi adanya air, sensor ultrasonik digunakan untuk menentukan status Normal, Siaga, atau Bahaya berdasarkan jarak permukaan air. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kombinasi kedua sensor mampu meningkatkan keandalan sistem dan mengurangi potensi terjadinya false alarm.

Evaluasi *Prototype*

Berdasarkan seluruh hasil pengujian, *Prototype Early Warning System* banjir berbasis *Internet Of Things* (IoT) berhasil direalisasikan dan berfungsi sesuai dengan rancangan. Sensor ultrasonik memiliki rata-rata persentase error sebesar 1,47% sehingga mampu mengukur jarak permukaan air dengan baik. Water Level Sensor juga mampu membedakan kondisi kering dan basah sehingga dapat digunakan sebagai sensor validasi terhadap pembacaan sensor ultrasonik. Pengujian kombinasi kedua sensor menunjukkan bahwa sistem mampu mengurangi potensi false alarm karena status Siaga maupun Bahaya hanya ditentukan setelah Water Level Sensor mendeteksi adanya air. Selain itu, hasil Black Box Testing menunjukkan seluruh fungsi sistem berjalan sesuai kebutuhan, meliputi pembacaan sensor, indikator LED, buzzer, koneksi Wi-Fi, serta pengiriman notifikasi Telegram. Secara keseluruhan, *Prototype* yang dikembangkan telah memenuhi tujuan penelitian sebagai sistem peringatan dini banjir berbasis *Internet Of Things*.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Prototype Early Warning System* banjir berbasis *Internet Of Things* (IoT) berhasil diimplementasikan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat.

Sistem memanfaatkan ESP32 sebagai pusat pengendali yang mengolah data dari sensor ultrasonik HC-SR04 dan Water Level Sensor untuk menentukan kondisi ketinggian air. Sensor ultrasonik berfungsi mengukur jarak permukaan air secara kontinu, sedangkan Water Level Sensor digunakan sebagai sensor validasi untuk memastikan keberadaan air. Berdasarkan hasil pembacaan kedua sensor, sistem mampu mengklasifikasikan kondisi menjadi status Normal, Siaga, dan Bahaya, kemudian mengaktifkan LED, buzzer, serta mengirimkan notifikasi melalui Telegram secara *Real-Time* sehingga pengguna dapat memperoleh informasi dengan cepat.

Berdasarkan hasil pengujian, sensor ultrasonik memperoleh rata-rata persentase error sebesar 1,47%, yang menunjukkan tingkat akurasi pengukuran cukup baik. Penggunaan Water Level Sensor sebagai sensor validasi juga terbukti meningkatkan keandalan sistem dengan mengurangi potensi false alarm akibat gangguan pembacaan sensor ultrasonik, seperti pantulan gelombang atau adanya benda yang mengapung di permukaan air. Selain itu, hasil Black Box Testing menunjukkan seluruh fungsi sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan, mulai dari pembacaan sensor, penentuan status peringatan, pengaktifan indikator LED dan buzzer, hingga koneksi Wi-Fi serta pengiriman notifikasi Telegram. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *Prototype* mampu menjalankan fungsi peringatan dini banjir secara efektif dan mendukung pemantauan kondisi air secara *Real-Time*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, *Prototype Early Warning System* banjir berbasis *Internet Of Things* (IoT) berhasil dibangun menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai sensor utama pengukur ketinggian air, Water Level Sensor sebagai sensor validasi keberadaan air, LED sebagai indikator visual, buzzer sebagai alarm peringatan, serta Telegram Bot sebagai media pengiriman notifikasi secara *Real-Time*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik memiliki rata-rata persentase error sebesar 1,47%, sehingga memiliki tingkat ketelitian yang baik dalam mengukur ketinggian air, sedangkan Water Level Sensor mampu membedakan kondisi kering dan basah secara optimal sebagai sensor validasi. Kombinasi kedua sensor tersebut terbukti meningkatkan keandalan sistem dalam mendeteksi kondisi banjir serta mengurangi potensi false alarm. Selain itu, pengujian Black Box menunjukkan seluruh fungsi sistem, mulai dari pembacaan sensor, penentuan status Normal, Siaga, dan Bahaya, pengaktifan LED dan buzzer, hingga koneksi Wi-Fi dan pengiriman notifikasi Telegram, berjalan sesuai rancangan. Dengan demikian, *Prototype* yang dikembangkan telah memenuhi tujuan penelitian sebagai sistem peringatan dini banjir yang mampu memberikan informasi secara cepat, akurat, dan *Real-Time*.

REFERENSI

- Arifin, T. N., Pratiwi, G. F., dan Janrafsasih, A. (2024). Sensor Ultrasonik Sebagai Sensor Jarak. *Jurnal Tera*, 2(2), 55–62.
- Ashri, F. Al, Sitorus, P. K., Ramadhan, N. I., Sunarso, D. G., dan Susilawati. (2026). Perancangan Prototipe Alat Pendeteksi Banjir berbasis esp32 dan IoT di Perumahan Tridaya Indah Bekasi. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 6(0), 170–178.
- Azis, M. A., Lammada, I., Putra, M. F. P., dan Fadhilah, M. I. (2024). Spend (Sistem Peringatan Dini Banjir Menggunakan Water Level Sensor Dengan Arduino Uno). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(4), 4457–4464.
- Aziz, A., dan Sujono. (2022). Implementasi mikrokontroler ESP32 sebagai sistem monitoring berbasis *Internet Of Things*. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, 10(1), 45–52.
- Darso, Hudry, M. H. Al, Fathoni, F., Ulkhaq, Y., Wijaya, P. T. R., dan H, M. A. (2023). Perancangan Sistem Pendeteksi dan Monitoring Ketinggian Air Berbasis IoT Menggunakan NodeMCU ESP8266. *STORAGE: Jurnal Ilmiah Teknik dan Ilmu Komputer*, 2(3), 87–93.
- Dswilan, S., Harmadi, dan Marzuki. (2021). Flood monitoring system using ultrasonic sensor SN-SR04T and SIM 900A. *Journal of Physics: Conference Series*, 1876(1).
- Estu, D. S. E., Yantidewi, M., Rusdi, B. M., Adikuasa, M. B., dan Khoiro, M. (2023). Alat Monitoring Ketinggian Air Laut Berbasis IOT dengan Nodemcu ESP32 DAN HC-SR04. *Jurnal Kolaboratif Sains*, 6(7), 585–597.
- Fernanda, D., dan Syukron, A. A. (2025). Implementasi Sensor Ultrasonic Untuk Pemantauan Debit Sungai Serayu Sebagai Antisipasi Banjir Berbasis Arduino. *Jurnal Media Informatika [Jumin]*, 6(3), 1920–1929.

- Firmansyah, M. I., Suprianto, B., Kartini, U. T., dan Joko. (2022). Kombinasi CDROM dan Dioda Zener Sebagai Suplai Energi Listrik Untuk LED 1,5 Volt. *Jurnal Teknik Elektro*, 11(1), 146–154.
- H, A. W., S, A. I., N, A. W., Yusnia, E., H, S. M., dan Nurpratiwi, H. (2023). Persebaran Daerah Rawan Banjir Di Wilayah Tulungagung. *Dewantara : Jurnal Pendidikan Sosial Humaniora*, 2(2), 136–148.
- Hamsinar, Zainal Arifin Halim, dan Ilham Idrus. (2024). Mitigasi Bencana Banjir Pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Baringeng di Dusun Maccini Desa Panaikang Kabupaten Sinjai Provinsi Sulawesi Selatan. *Malitte Jurnal Mahakarya Konstruksi*, 01(1), 26–31.
- Husnah, K., Munazilin, A., dan Lazim, F. (2024). Rancang Bangun Alat Monitoring Ketinggian Air dan Peringatan Dini Banjir Berbasis *Internet Of Things* (IoT). *Jurnal Ilmu Komputer (JUIK)*, 4(2), 114.
- Kuswana, A., dan Durahman, N. (2024). Rancang Bangun Sistem Keamanan Lapas Kelas IIB Tasikmalaya Menggunakan Sensor PIR dan Ultrasonik dengan Notifikasi Suara. *Jurnal Syntax Admiration*, 5(11), 4761–4775.
- Nabila, M. P., Tanjung, M. R., Nasution, N. A., Abelia, dan Usiono. (2024). Waspada! Curah Hujan Yang Cukup Tinggi: Sumatera Utara Banjir. *Jurnal Media Akademik (JMA)*, 2(12), 1–11.
- Panjaitan, F. F., dan Basri, M. (2026). Perancangan Sistem Dinding Penahan Banjir Otomatis Berbasis *Internet Of Things* (IoT) Menggunakan ESP32. 3(2), 80–88.
- Prawiyogi, A. G., dan Anwar, A. S. (2023). Perkembangan *Internet Of Things* (IoT) pada Sektor Energi: Sistematis Literatur Review. *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan dan Teknologi Informasi*, 1(2), 187–197.
- Rahim, A., Rifai, A., Soleha, A., Fauziah, H. J., dan Syain, M. (2023). Peran Pemerintah Daerah dalam Penanggulangan Bencana Banjir Menurut Peraturan Daerah Kabupaten Indramayu No. 3 Tahun 2016. *JlIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 6(4), 2160–2163.
- Rahman, T., Nibras, I. Z., dan Sumarna. (2024). Monitoring Administrasi Jaringan Dengan Mikrotik dan Telegram Bot Pada Internet Service Provider. 9(2), 162–172.
- Samkayana, I. N. W. R., dan Yudistira, B. G. K. (2025). Implementasi Firebase Realtime Database Pada Smart Cat Feeder Berbasis Mikrokontroler Esp32. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(3).
- Saputra, M., dan Rida, M. R. (2025). Perancangan Desain Konstruksi Dan Aplikasi Sistem Monitoring Ketinggian Level Air Sungai Pada Daerah Rawan Banjir. *Technology and Agriculture Journal*, 6(2), 193–208.
- Saputra, Y., dan Mardiaty, D. (2025). Implementasi Sistem Informasi Manajemen Klinik Menggunakan Metode Black Box Testing. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(1).
- Saragih, B., dan Bancin, C. (2020). Perancangan Pengukuran Jarak Secara Wireless Menggunakan Sensor Gelombang Ultrasonik Berbasis Arduino Uno Atmega 328 Dengan Tampilan Dilaptop. *Jurnal Teknologi Energi Uda*, 9(2), 74–80.
- Selay, A., Andgha, G. D., Alfarizi, M. A., Wahyudi, M. I. B., Falah, M. N., Khaira, M., dan Encep, M. (2020). *Internet Of Things*. *Encyclopedia of Wireless Networks*, 1, 664.
- Syahfitri, A. (2013). *Internet Of Things* (Sejarah, Teknologi Dan Penerapannya). *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Wahyuni, D., Syamsunasir, Subiyanto, A., & Azizah, M. (2022). Pemanfaatan Sistem Informasi Bencana Banjir di Kabupaten Bandung Untuk Mewujudkan Masyarakat Tangguh Bencana. *PENDIPA Journal of Science Education*, 6(2), 516–521.