

## PURWARUPA SISTEM PERINGATAN DINI BENCANA BANJIR DAN HUJAN DI SUNGAI BENGAWAN SOLO

Farhan Nofiyanto<sup>1\*</sup>, Sugiono<sup>2</sup>

<sup>12</sup>Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Indonesia

[farhannofiyanto1@gmail.com](mailto:farhannofiyanto1@gmail.com)<sup>1\*</sup>, [sugiono@untag-sby.ac.id](mailto:sugiono@untag-sby.ac.id)<sup>2</sup>

Received: 26-02-2025

Revised: 15-03-2025

Approved: 28-08-2025

### ABSTRAK

Banjir merupakan permasalahan signifikan yang kerap terjadi di kawasan Sungai Bengawan Solo. Untuk mengurangi dampak kerugian yang ditimbulkan oleh bencana tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan prototipe sistem peringatan dini banjir berbasis Internet of Things (IoT). Metodologi penelitian yang diterapkan adalah Research and Development (R&D), yang mencakup tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, serta pengujian. Sistem ini dirancang untuk memantau kondisi cuaca dan kenaikan permukaan air secara real-time dengan memanfaatkan sensor curah hujan, sensor aliran air (water flow meter), dan sensor ultrasonik. Data dari sensor dikirimkan melalui NodeMCU ESP8266 untuk dianalisis dan ditampilkan melalui notifikasi di media sosial seperti Facebook dan Twitter. Hasil pengujian menunjukkan kinerja sistem yang sangat baik. Sensor curah hujan dengan volume air 10 ml menghasilkan akurasi 97% dengan rata-rata error 3%, sedangkan volume 20 ml menghasilkan akurasi 96%. Sensor aliran air dengan volume 50 ml mencapai akurasi 95%, sementara volume 100 ml menunjukkan akurasi 94%. Sensor ultrasonik menunjukkan presisi tinggi, dengan akurasi 98% pada ketinggian air 10 cm dan 99% pada ketinggian 20 cm. Sistem ini mampu mengirimkan notifikasi peringatan dini secara real-time kurang dari 5 detik setelah perubahan kondisi terdeteksi. Purwarupa ini diharapkan menjadi solusi efektif dalam mitigasi risiko banjir di wilayah Sungai Bengawan Solo serta berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut guna mendukung pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan.

**Kata kunci:** Banjir, Purwarupa, SR-HC04, WaterFlowSensor, BengawanSolo

### PENDAHULUAN

Sungai Bengawan Solo merupakan sungai terpanjang di Pulau Jawa, dengan letak geografis di antara 6,48°–8,07° Lintang Selatan dan 110,26°–112,41° Bujur Timur. Aliran sungai ini bermula dari wilayah selatan, berperan sebagai batas alamiah antara Provinsi Jawa Tengah, kemudian mengalir ke arah timur hingga bermuara di Ujung Pangkah, Kabupaten Gresik, Jawa Timur (Wibowo et al., 2009). Sungai Bengawan Solo telah dilengkapi dengan sistem peringatan dini untuk mengidentifikasi potensi terjadinya banjir dan hujan. Meskipun demikian, pelaksanaan sistem ini tidak terlepas dari sejumlah tantangan yang signifikan, terutama terkait dengan masalah yang sering muncul pada keluaran sensor ketinggian air (Putra & Saleh, 2024). Ketidak konsistenan atau ketidakakuratan sensor ketinggian air dapat mengurangi efektivitas sistem peringatan dini, membahayakan keselamatan masyarakat, dan berpotensi menciptakan dampak negatif yang lebih serius dalam upaya mitigasi bencana (Nugroho et al., 2018).

Banjir adalah fenomena yang terjadi ketika aliran air yang berlebihan menggenangi area daratan. Berdasarkan definisi dari Pengarahannya Banjir Uni Eropa, banjir didefinisikan sebagai perendaman sementara oleh air pada wilayah daratan yang biasanya tidak tergenang. Dalam konteks "aliran air," istilah ini juga mencakup intrusi air pasang laut ke daratan. Penyebab banjir dapat berasal dari meluapnya volume air di badan air seperti sungai atau danau, maupun akibat kegagalan struktur penahan air, seperti bendungan, yang menyebabkan air melimpah ke area sekitarnya (Samantha & Almalik, 2019).

Daerah bantaran sungai menjadi lokasi yang rentan terhadap banjir, sehingga

jika terjadi luapan air secara mendadak, masyarakat di area tersebut kerap mengalami kerugian akibat kurangnya persiapan, terutama dalam melindungi barang-barang berharga seperti elektronik. Oleh karena itu, dengan adanya alat deteksi banjir otomatis, diharapkan masyarakat bantaran sungai dapat memperoleh informasi dini tentang potensi banjir, sehingga mereka dapat lebih cepat mengantisipasi dan menyelamatkan barang-barang berharga mereka (KURNIASIH et al., 2021).

Sebanyak 27% dari total populasi di Indonesia menghadapi risiko banjir yang cukup serius. Dampak dari bencana ini sangat memengaruhi kehidupan manusia, baik dalam bentuk kerugian moril maupun materil. Kerugian ini mencakup kerusakan rumah, infrastruktur, dan fasilitas umum, serta gangguan psikologis yang dirasakan oleh masyarakat yang terkena dampaknya. Selain itu, banjir juga dapat mengganggu aktivitas ekonomi, pendidikan, dan kesehatan, sehingga memperburuk kualitas hidup banyak orang (Hermawan et al., 2023).

Faktor geografis dan iklim tropis Indonesia menjadikan wilayah ini rentan terhadap bencana alam, termasuk banjir, yang sering terjadi di sepanjang aliran Sungai Bengawan Solo. Banjir di kawasan ini disebabkan oleh tingginya intensitas hujan, pengelolaan tata air yang kurang optimal, serta aktivitas manusia yang tidak mendukung keberlanjutan lingkungan. Salah satu kejadian besar terjadi pada awal Januari 2008, yang dipicu oleh curah hujan yang melebihi normal, kondisi morfogenesis daerah, konversi lahan yang tidak terkendali, serta kapasitas Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo bagian hulu yang tidak lagi mampu menampung perubahan cuaca dan iklim (Anna et al., 2014).

Banjir tidak hanya menyebabkan kerusakan pada infrastruktur dan lingkungan, tetapi juga menimbulkan ancaman serius terhadap keselamatan jiwa manusia. Oleh karena itu, upaya mitigasi bencana menjadi hal yang sangat krusial dalam rangka mengurangi dampak kerugian yang diakibatkan. Pemantauan dan deteksi dini banjir memainkan peran penting dalam mendukung mitigasi risiko serta pengelolaan bencana secara efektif (Risiko et al., 2024).

Bedasarkan hal tersebut, Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan purwarupa alat pendeteksi banjir dan hujan di Sungai Bengawan Solo. Purwarupa alat ini diharapkan dapat memberikan informasi secara cepat dan akurat mengenai potensi terjadinya banjir, sehingga tindakan mitigasi dapat dilakukan secara efektif. Sistem ini akan menggabungkan teknologi sensor pemrosesan data, dan komunikasi nirkabel untuk menciptakan sistem deteksi banjir dan hujan yang dapat memberikan informasi yang tepat dan cepat (Cahya Wicaksono et al., 2023).

Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan nyata dalam pengembangan teknologi deteksi banjir dan hujan yang berbasis sensor, sekaligus menawarkan solusi praktis untuk mendukung upaya mitigasi bencana banjir di kawasan Sungai Bengawan Solo. Temuan dari penelitian ini diharapkan mampu memperkuat sistem peringatan dini, meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat, serta meminimalkan dampak kerugian yang disebabkan oleh banjir. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi pijakan untuk pengembangan teknologi pemantauan lingkungan yang lebih canggih, mendorong inovasi baru, dan memperkuat penerapan teknologi modern dalam pengelolaan risiko bencana secara efektif.

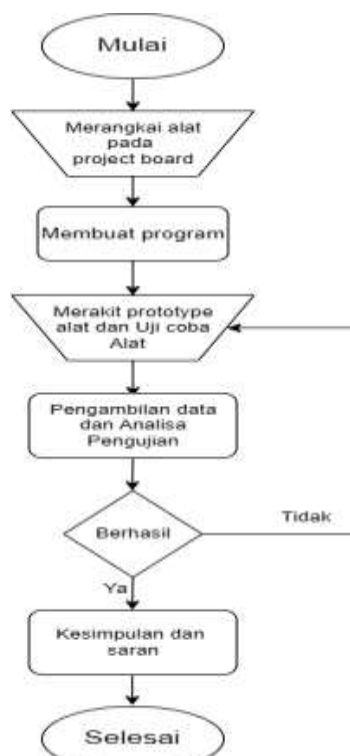
## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode penelitian dan pengembangan, yang dikenal dengan istilah Research and Development (R&D). Metode R&D merupakan

proses yang dilakukan secara sistematis dengan tujuan untuk mengembangkan produk baru atau meningkatkan kualitas serta fungsi dari produk yang sudah ada. Pendekatan ini tidak hanya memprioritaskan inovasi, tetapi juga memastikan bahwa produk yang dihasilkan relevan dan memenuhi kebutuhan pengguna (Rustamana et al., 2024). Penelitian ini dilaksanakan melalui sejumlah tahapan sistematis, meliputi analisis kebutuhan, perancangan dan desain sistem, pengembangan prototipe, serta pengujian dan validasi. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D), karena dianggap paling relevan dengan tujuan utama penelitian, yaitu mengembangkan dan mengevaluasi prototipe sistem deteksi banjir dan hujan di kawasan Sungai Bengawan Solo. Pendekatan ini menjamin bahwa sistem yang dikembangkan tidak hanya bersifat inovatif, tetapi juga efektif dalam mengatasi masalah banjir yang sering terjadi di kawasan tersebut (Bustomi & Asmunin, 2021).

### Alur Penelitian

Penelitian diawali dengan melakukan studi literatur guna mengumpulkan informasi yang relevan dari berbagai sumber terpercaya, seperti buku, jurnal, dan artikel ilmiah. Tahap selanjutnya melibatkan rekayasa kebutuhan serta perakitan perangkat pada project board untuk menentukan komponen dan bahan yang diperlukan. Kemudian, program sistem dirancang berdasarkan kebutuhan yang telah diidentifikasi untuk menyelesaikan permasalahan penelitian (Zulhaji et al., 2024). Setelah desain dianggap layak, implementasi dilakukan untuk mengembangkan sistem operasional yang selanjutnya diuji untuk menilai tingkat efektivitasnya. Apabila hasil pengujian tidak memenuhi standar yang diharapkan, dilakukan analisis untuk mengidentifikasi dan memperbaiki kekurangan. Ketika hasil pengujian telah memenuhi kriteria, penelitian dilanjutkan dengan analisis mendalam, yang kemudian ditutup dengan penyusunan kesimpulan serta rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut (Mulyana E & Kharisman R, 2014).



Gambar 1: Alur Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Purwarupa Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir dan Hujan di Sungai Bengawan Solo ini dirancang untuk mengatasi ancaman bencana banjir dan hujan. Sistem ini memanfaatkan perangkat smartphone yang terintegrasi dengan aplikasi media sosial Facebook dan Twitter untuk memantau notifikasi apabila terjadi bencana banjir, serta dilengkapi dengan sensor ultrasonik, sensor aliran air (water flow meter), dan sensor curah hujan (Tenda et al., 2021). Oleh karena itu, beberapa langkah penting diperlukan dalam perancangan sistem ini, mulai dari identifikasi kebutuhan komponen, pembuatan desain sistem elektronik, hingga perancangan mekanisme kerja yang efisien. Selanjutnya, dilakukan pemrograman, implementasi, dan diakhiri dengan tahap pengujian alat untuk memastikan bahwa hasil dan kinerja alat sesuai dengan ekspektasi (Khairani Perangin Angin et al., 2023). Setiap langkah tersebut dirancang dengan cermat agar sistem yang dikembangkan dapat beroperasi secara optimal dan memberikan solusi yang tepat untuk mengatasi masalah yang dihadapi (Selatan, n.d.).

### Analisa Kebutuhan

Tahap analisis kebutuhan bertujuan untuk mengidentifikasi jenis dan jumlah komponen yang diperlukan dalam pembuatan purwarupa sistem peringatan dini bencana banjir dan hujan di Sungai Bengawan Solo (Purnomo, 2017). Untuk memastikan seluruh kebutuhan dalam proses perancangan dan pembangunan tersebut, penjelasan rinci dapat disampaikan sebagai berikut:

#### 1. Hardware

Hardware yang digunakan dalam perancangan purwarupa sistem peringatan dini bencana banjir dan hujan di sungai bengawan solo ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

- NodeMCU ESP8266
- Kabel Jumper
- Sensor Ultrasonik
- Sensor Water Flow Meter
- Sensor Curah Hujan

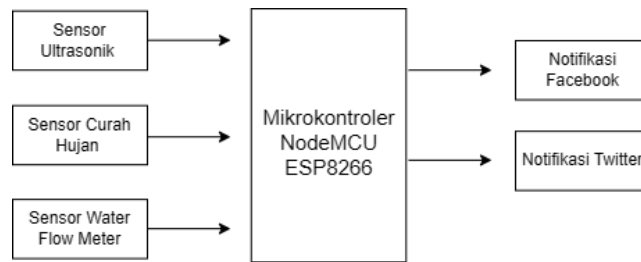
#### 2. Software

Software yang digunakan dalam perancangan purwarupa sistem peringatan dini bencana banjir dan hujan di sungai bengawan solo ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

- Arduino IDE
- IFTTT
- Draw.io
- Facebook
- Twitter (X)

## 2. Blog Diagram

Berikut ini adalah diagram dari purwarupa sistem peringatan dini bencana banjir dan hujan di sungai bengawan solo. Diagram ini memberikan gambaran bagaimana setiap bagian dari sistem saling terhubung dan berinteraksi berikut ini merupakan diagram dari sistem yang dibuat:



**Gambar 2: Blog Diagram**

### 3. Perancangan Sistem

#### 1. Perancangan Hardware

Dalam perancangan rangkaian perangkat keras, komponen yang digunakan meliputi berbagai jenis sensor, yaitu sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian air, sensor curah hujan, dan sensor water flow meter. Berikut adalah gambar rancangan dan deskripsi rangkaian pin yang terhubung dalam purwarupa sistem peringatan dini bencana banjir dan hujan di sungai bengawan solo rancangan. Hasil dari rancangan meliputi:

##### a. Sensor Ultrasonik

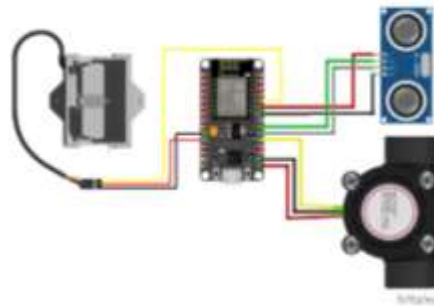
- Pin Vcc terhubung dengan pin nodemcu 3,3v, gnd terhubung dengan ground, trig terhubung terhubung ke pin D1, dan echo terhubung ke pin D2.

##### b. Sensor Water Flow Meter

- Pin Vcc terhubung dengan pin nodemcu 3,3v, gnd terhubung dengan ground, dan singalpin terhubung dengan pin D3.

##### c. Sensor Curah Hujan

- Pin Vcc terhubung dengan pin nodemcu 3,3v, gnd terhubung dengan ground, dan pind0 akan terhubung ke D14 Nodemcu.



**Gambar 3: Perancangan Sistem**

#### 2. Perancangan Software

Dalam proses perancangan perangkat lunak, dilakukan pengembangan kode program yang berfungsi untuk mengendalikan seluruh komponen serta mengintegrasikan perangkat keras dengan aplikasi media sosial Facebook dan Twitter.

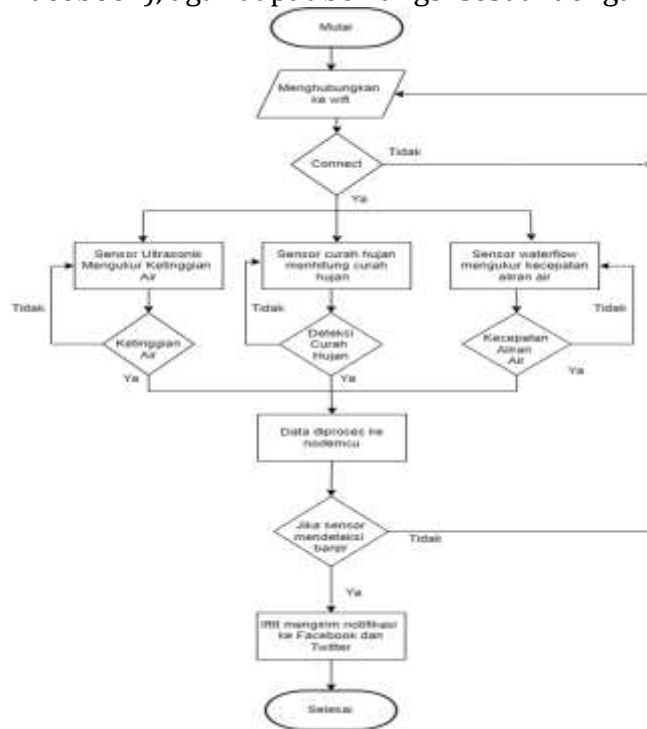
##### a. Pemrograman Menggunakan Arduino IDE

Perancangan program untuk NodeMCU ESP8266 dilakukan setelah seluruh komponen perangkat keras selesai dirakit. Langkah berikutnya adalah mengembangkan program kendali menggunakan perangkat lunak Arduino IDE. Aplikasi ini digunakan untuk menyusun daftar kode

program serta memuat program bootloader yang akan diunggah ke dalam NodeMCU ESP8266, sehingga perangkat dapat berfungsi sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan.

b. Pemograman IFTTT Untuk Trigger Media Sosial

Perancangan Notifikasi peringatan dengan menggunakan social media (X dan Facebook) setelah data di kirim ke IFTTT akan melakukan trigger berupa text peringatan atau berita yang akan di tampilan ke media social (X dan Facebook), agar dapat berfungsi sesuai dengan yang direncanakan.



Gambar 4: Alur Kerja Sistem

#### 4. Implementasi Rancangan

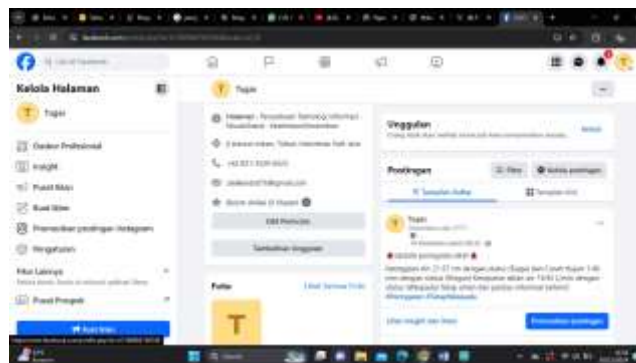
a. Hasil Implementasi Alat

Setelah proses perancangan selesai, langkah berikutnya adalah menerapkan hasil rancangan pada seluruh komponen perangkat keras yang telah disiapkan. Pengujian alat dilakukan dengan cara mengamati respons dan kemampuan pengendalian peralatan setelah simulasi dijalankan. Sistem ini dilengkapi dengan beberapa sensor utama, seperti sensor ultrasonik, sensor curah hujan, dan sensor water flow meter. Proses pengujian dilakukan menggunakan simulasi yang menyerupai kondisi nyata untuk memastikan bahwa setiap komponen bekerja sesuai dengan fungsinya. Simulasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi kekurangan sekaligus memvalidasi kinerja sistem, sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut.



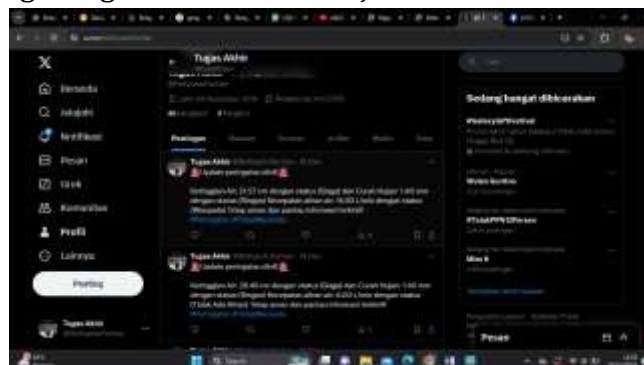
**Gambar 5: Tampilan Alat**

- b. Hasil Implementasi Notifikasi Media Sosial  
Dibawah ini merupakan tampilan notifikasi Facebook ini dirancang untuk menyampaikan informasi terkait kondisi banjir secara real-time. Dengan adanya notifikasi ini, masyarakat tidak perlu memantau situasi secara langsung setiap waktu. Sistem ini mempermudah masyarakat dalam mengambil langkah yang diperlukan untuk meningkatkan kewaspadaan dan mengurangi risiko akibat banjir.



**Gambar 6: Tampilan Notifikasi Facebook**

Dibawah ini merupakan tampilan notifikasi Twitter ini dirancang untuk menyampaikan informasi terkait kondisi banjir secara real-time. Dengan adanya notifikasi ini, masyarakat tidak perlu memantau situasi secara langsung setiap waktu. Sistem ini mempermudah masyarakat dalam mengambil langkah yang diperlukan untuk meningkatkan kewaspadaan dan mengurangi risiko akibat banjir.



**Gambar 7: Tampilan Notifikasi Twitter**

### 5. Pengujian Kepresisian Sensor Curah Hujan

Pengujian sensor curah hujan tipe tipping bucket dilakukan melalui metode simulasi hujan. Proses simulasi ini menggunakan gelas ukur yang diisi air masing-masing sebanyak 10 ml dan 20 ml (Utama et al., 2022). Proses pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan manual menggunakan rumus dengan data yang dihasilkan oleh sensor. Selain itu, dilakukan pula perhitungan persentase kesalahan pada setiap pengukuran untuk mengetahui tingkat akurasi dan total kesalahan dari instrumen yang dikembangkan.

$$Tinggi\ Curah\ hujan(cm) = \frac{Volume\ air\ yang\ terkumpul\ (ml)}{luas\ area\ kolektor\ (cm^2)} \times 10$$

Dari tabel 1 Hasil pengukuran curah hujan mengindikasikan adanya korelasi antara sensor tipping bucket dengan gelas ukur yang berisi air sebanyak 10 ml. Dari pengujian tersebut, diperoleh rata-rata tingkat kesalahan sebesar 3%, sementara tingkat akurasi mencapai 97%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor tipping bucket memiliki kinerja yang cukup baik dalam mengukur curah hujan, meskipun masih terdapat sedikit margin kesalahan.

**Tabel 1: Pengujian Kepresisian Sensor Curah Hujan Dengan Volume Air 10ml**

No	Parameter pengujian (ml)	Nilai hitung manual (mm)	Hasil Sensor (mm)	Selisih	Error (%)
1	10	5,1	5,1	0	0%
2	10	5,1	5,1	0	0%
3	10	5,1	5,1	0	0%
4	10	5,1	4,3	0	0%
5	10	5,1	4,3	0,8	15%
Rata-rata					3%
Akurasi					97%

Dari tabel 2 Hasil pengukuran curah hujan mengindikasikan adanya korelasi antara sensor tipping bucket dengan gelas ukur yang berisi air sebanyak 20 ml. Dari pengujian tersebut, diperoleh rata-rata tingkat kesalahan sebesar 3%, sementara tingkat akurasi mencapai 96%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor tipping bucket memiliki kinerja yang cukup baik dalam mengukur curah hujan, meskipun masih terdapat sedikit margin kesalahan.

**Tabel 2: Pengujian Kepresisian Sensor Curah Hujan Dengan Volume Air 20ml**

No	Parameter pengujian (ml)	Nilai hitung manual (mm)	Hasil Sensor (mm)	Selisih	Error (%)
1	20	10,2	10,2	0	0%
2	20	10,2	9,4	0,8	7%
3	20	10,2	9,4	0,8	7%
4	20	10,2	10,2	0	0%
5	20	10,2	10,2	0	0%
Rata-rata					3%
Akurasi					96%

### 6. Pengujian Kepresisian Sensor Water Flow Meter

Pengujian sensor Water Flow dilakukan dengan mengukur volume air dalam satuan mililiter. Proses ini melibatkan perbandingan antara hasil pengukuran manual

menggunakan gelas ukur dengan volume air sebesar 50 ml dan 100 ml, serta data yang diperoleh dari sensor(Ihsanto & Buchori, 2017). Untuk mengevaluasi kinerja alat, dilakukan pula perhitungan persentase kesalahan pada setiap pengukuran guna mengetahui total kesalahan instrumen yang telah dirancang. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sensor dapat menghasilkan data yang akurat dan konsisten.

**Tabel 3: Pengujian Kepresisian Water Flow Dengan Volume Air 50ml**

No	Parameter pengujian (ml)	Hasil Sensor (ml)	Selisih	Error (%)
1	50	48,55	1,45	2%
2	50	48,35	1,65	3%
3	50	45,15	4,85	9%
4	50	48,12	1,88	3%
5	50	49,44	0,56	1%
Rata-rata				4%
Akurasi				95%

Dari tabel 3 Hasil pengukuran water flow meter menunjukkan adanya hubungan antara sensor dan gelas ukur dengan volume air sebesar 50 ml. Dari pengujian tersebut, diperoleh rata-rata tingkat kesalahan sebesar 4%, sementara tingkat akurasi mencapai 95%. Hasil ini mengindikasikan bahwa sensor water flow memiliki kemampuan yang cukup baik dalam mengukur volume air, meskipun masih terdapat sedikit margin kesalahan.

**Tabel 4: Pengujian Kepresisian Water Flow Dengan Volume Air 50ml**

No	Parameter pengujian (ml)	Hasil Sensor (ml)	Selisih	Error (%)
1	100	98,19	1,81	1%
2	100	97,15	2,85	2%
3	100	88,22	11,78	11%
4	100	94,24	5,76	5%
5	100	95,24	4,76	4%
Rata-rata				5%
Akurasi				94%

Dari tabel 4 Hasil pengukuran water flow meter menunjukkan adanya hubungan antara sensor dan gelas ukur dengan volume air sebesar 100 ml. Dari pengujian tersebut, diperoleh rata-rata tingkat kesalahan sebesar 5%, sementara tingkat akurasi mencapai 94%. Hasil ini mengindikasikan bahwa sensor water flow memiliki kemampuan yang cukup baik dalam mengukur volume air, meskipun masih terdapat sedikit margin kesalahan.

## 7. Pengujian Kepresisian Sensor Ultrasonik

Pengujian kali ini mengukur jarak dalam satuan sentimeter, dengan cara membandingkan hasil pengukuran manual menggunakan mistar dengan data yang diperoleh dari sensor(Niswatul Khasanah, 2023). Setiap hasil pengukuran kemudian dihitung persentasenya untuk mengetahui total kesalahan pada alat yang telah dikembangkan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa sensor

dapat menghasilkan data yang akurat dan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

**Tabel 8: Pengujian Kepresisian Sensor Ultrasonik 10Cm**

No	Pengukuran dengan mistar (cm)	Hasil Sensor (cm)	Selisih	Error (%)
1	10	10	0	0%
2	10	10,1	0,1	1%
3	10	10	0	0%
4	10	10,5	0,5	5%
5	10	10	0	0%
Rata-rata				1%
Akurasi				98%

Dari tabel 8: Hasil pengukuran menggunakan sensor ultrasonik dibandingkan dengan pengukuran manual menggunakan mistar menunjukkan bahwa kesalahan rata-rata tercatat sebesar 1%, sementara tingkat akurasi mencapai 98% untuk pengukuran jarak objek sejauh 10 cm. Angka ini menunjukkan bahwa sensor ultrasonik memiliki kinerja yang sangat baik dalam mengukur jarak dengan tingkat akurasi yang tinggi.

**Tabel 9: Pengujian Kepresisian Sensor Ultrasonik 20Cm**

No	Pengukuran dengan mistar (cm)	Hasil Sensor (cm)	Selisih	Error (%)
1	20	20	0	0%
2	20	20	0	0%
3	20	20,5	0,5	2%
4	20	20	0	0%
5	20	20,5	0,5	2%
Rata-rata				1%
Akurasi				99%

Dari tabel 9: Hasil pengukuran menggunakan sensor ultrasonik dibandingkan dengan pengukuran manual menggunakan mistar menunjukkan bahwa kesalahan rata-rata tercatat sebesar 1%, sementara tingkat akurasi mencapai 99% untuk pengukuran jarak objek sejauh 10 cm. Angka ini menunjukkan bahwa sensor ultrasonik memiliki kinerja yang sangat baik dalam mengukur jarak dengan tingkat akurasi yang tinggi.

## KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengembangkan prototipe sistem peringatan dini bencana banjir dan hujan berbasis Internet of Things (IoT), yang memanfaatkan sensor curah hujan, sensor aliran air (water flow meter), dan sensor ultrasonik untuk memantau kondisi cuaca serta perubahan tingkat ketinggian air secara real-time. Sistem ini memanfaatkan NodeMCU ESP8266 untuk mengirimkan data melalui jaringan Wi-Fi dan menampilkan notifikasi peringatan dini melalui media sosial. Hasil pengujian menunjukkan akurasi yang tinggi pada seluruh sensor, dengan akurasi hingga 99% pada sensor ultrasonik, 97% pada sensor curah hujan, dan 95% pada sensor aliran air. Selain itu, sistem mampu mengirimkan notifikasi secara real-time. Purwarupa ini diharapkan menjadi solusi efektif untuk mitigasi risiko banjir, khususnya di wilayah Sungai Bengawan Solo, sekaligus memberikan potensi pengembangan lebih lanjut untuk pengelolaan sumber daya air secara berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anna, A. N., Priyana, Y., & S, A. A. (2014). Model Simulasi Luapan Banjir Sungai Bengawan Solo untuk Optimalisasi Kegiatan Tanggap Darurat Bencana Banjir. *Forum Geografi*, 28(1), 21–34. <https://publikasiilmiah.ums.ac.id/handle/11617/4798>
- Bustomi, M. A. Y. Al, & Asmunin. (2021). Rancang Bangun Sistem Monitoring Peringatan Dini Bencana Banjir Berbasis Iot Menggunakan Protokol MQTT Dengan Notifikasi Bot Telegram. *Jurnal Manajemen Informatika*, Vol 12(1), 1–13.
- Cahya Wicaksono, C., Nugroho, A., & Teknologi Informasi Universitas Kristen Satya Wacana, F. (2023). Sistem Pendeteksi Hujan Dan Banjir Berbasis Internet of Things Dengan Aplikasi Thingspeak. *Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi (JUKANTI)*, 6, 57–62.
- Hermawan, R., Adhy, D. R., Arip, M., Maesaroh, S., & Mauhib, A. (2023). Pemanfaatan Sensor Curah Hujan Dan Debit Air Sungai Untuk Monitoring Banjir Berbasis Internet of Things. *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro*, 12(1), 62. <https://doi.org/10.30591/polektro.v12i1.4789>
- Ihsanto, E., & Buchori, I. (2017). Disain Dan Implementasi Sistem Monitoring Pengisian Cairan Melalui Wifi Dan Web. *Sinergi*, 21(1), 65. <https://doi.org/10.22441/sinergi.2017.1.010>
- Khairani Perangin Angin, A., Vanesa Ramadhani, D., & Rusdi, M. (2023). RANCANG BANGUN SISTEM PERINGATAN DINI BANJIR MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK PARALLAX BERBASIS IoT. 395–403.
- KURNIASIH, N., SARI, D. P., & RIZKA FIRDAUS, D. A. (2021). Rancang Bangun Prototype Sistem Monitoring Pendeteksi Dini Banjir Berbasis Short Message Service Menggunakan PLTS On Grid. *Kilat*, 10(1), 77–88. <https://doi.org/10.33322/kilat.v10i1.1018>
- Mulyana E, & Kharisman R. (2014). Perancangan Alat Peringatan Dini Bahaya Banjir dengan Mikrokontroler Arduino Uno R3. *Citee Journal*, 1(3), 171–182.
- Niswatul Khasanah, U. (2023). Aplikasi Sensor Ultrasonik Sebagai Alat Ukur Jarak Digital Berbasis Arduino Application of Ultrasonic Sensors As Arduino-Based Digital Distance Measuring Instruments. *JSNu : Journal of Science Nusantara*, 3(4), 135–140.
- Nugroho, A. P., Nugroho, A. A., & Saputro, A. E. (2018). SIM900A Sensor Ultrasonic. *Sistem Peringatan Dini Banjir Sungai Bengawan Solo Menggunakan Teknologi Internet of Things (IOT)*, 2(2), 99–106.
- Purnomo, G. Y. (2017). Perancangan Sistem Deteksi Banjir Dini Menggunakan Konsep Internet Of Things Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Satya Wacana. *Perancangan Sistem Deteksi Banjir Dini Menggunakan Konsep Internet Of Things*, April, 1–18.
- Putra, W. I. W., & Saleh, T. (2024). Analisis Penerapan Teknologi Sensor Berbasis Iot dalam Pemantauan Ketinggian Air Sungai. *Jurnal Syntax Admiration*, 5(3), 762–768. <https://doi.org/10.46799/jsa.v5i3.1045>
- Risiko, M., Banjir, B., & Provinsi, D. I. (2024). *Long range flood detection*. 7.
- Rustamana, A., Hasna Sahl, K., Ardianti, D., Hisyam, A., Solihin, S., Sultan, U., Tirtayasa, A., Raya, J., No, C., & Banten, S. (2024). Penelitian dan Pengembangan (Research & Development) dalam Pendidikan. *Jurnal Bima: Pusat Publikasi Ilmu Pendidikan Bahasa Dan Sastra*, 2(3), 60–69. <https://doi.org/10.61132/bima.v2i3.1014>

- Samantha, R., & Almalik, D. (2019). Sistem Deteksi Banjir Automatis Berbasis SMS Di Tepi Sungai Bengawan Solo Pada Kelurahan Pucangsawit Surakarta. *Tjyybjb.Ac.Cn*, 3(2),58–66.  
<http://www.tjyybjb.ac.cn/CN/article/downloadArticleFile.do?attachType=PDF&id=9987>
- Selatan, T. (n.d.). *PERANCANGAN SISTEM PERINGATAN DINI BANJIR DENGAN MEMANFAATKAN PENGUKURAN CURAH HUJAN*.
- Tenda, E. P., Lengkong, A. V., & Pinontoan, K. F. (2021). Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis IoT dan Twitter. *CogITo Smart Journal*, 7(1), 26–39.  
<https://doi.org/10.31154/cogito.v7i1.284.26-39>
- Utama, Y. A. K., Cahyono, M. S. D., & Wibowo, L. S. B. (2022). Analisa Ketidakpastian Pengukuran Sensor Curah Hujan Tipe Tipping Bucket berbasis Internet of Things. *Telekontran : Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali Dan Elektronika Terapan*, 10(1), 63–68. <https://doi.org/10.34010/telekontran.v10i1.7410>
- Wibowo, H. P. E., Purnomo, T., & Ambarwati, R. (2009). Water Quality of the Bengawan Solo River in Bojonegoro Based on Plankton Diversity Index. *Lentera Bio*, 3(3), 209–215.
- Zulhajji, Abdul Wahid, & Nur Ikhsan. (2024). Pengembangan Prototype Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir Berbasis Android. *Jurnal MediaTIK*, 7(2), 44–49.  
<https://doi.org/10.59562/mediatik.v7i2.2226>