

# Rancang Alat Peringatan Bahaya Banjir dengan Sistem IoT di Katu Lampa Kota Bogor Jawa Barat

Dedi Sobari <sup>1</sup>, Legenda Prameswono Pratama <sup>2</sup>, Anindya Ananda Hapsari <sup>3</sup>, Brainvendra Widi Dionova <sup>4</sup>, Devan Junesco Vresdian <sup>5</sup>, Nirmalasari Hutagalung <sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Jurusan Teknik Elektro Jakarta Global University

Grand Depok City, Jl. Boulevard Raya No.2, Kota Depok, 16412, Jawa Barat, Indonesia

[Dedisobari@student.jgu.ac.id](mailto:Dedisobari@student.jgu.ac.id)<sup>1</sup>, [legenda@jgu.ac.id](mailto:legenda@jgu.ac.id)<sup>2</sup>, [anindya@jgu.ac.id](mailto:anindya@jgu.ac.id)<sup>3</sup>, [brainvendra@jgu.ac.id](mailto:brainvendra@jgu.ac.id)<sup>4</sup>,  
[Devan@jgu.ac.id](mailto:Devan@jgu.ac.id)<sup>5</sup>, [Nirmalasari@student.jgu.ac.id](mailto:Nirmalasari@student.jgu.ac.id)<sup>6</sup>

**Intisari**— Banjir merupakan salah satu bencana alam yang dapat di prediksi dari hulu ke hilir. Kenaikan debit air Sungai menjadikan ini penting pada sisi hilir untuk meminimalisir dampak yang di timbulkan dari hasil luapan. Pada penelitian kali ini, penulis memaparkan rancang bangun sistem monitoring dan peringatan dini banjir dengan menggunakan media internet of think dengan menitik beratkan pada akurasi alat dan implementasi langsung. Memulai penelitian dengan menggunakan beberapa langkah metode penelitian, seperti analisis sistem, diikuti oleh perancangan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, dan tahap akhir adalah pengujian perangkat keras dan perangkat lunak. Hasil pengujian yang diperoleh adalah sebagai berikut: pada ketinggian 40 cm (normal), buzzer tidak aktif dan lampu hijau menyala, pada ketinggian 120 cm - 160 cm (*standby*), buzzer tidak aktif dan lampu kuning menyala, dan pada pengujian individu pada ketinggian 210 cm - 250 cm (bahaya), sinyal peringatan aktif setiap setengah detik. Uji coba akurasi sensor ultrasonik pada Bendungan Katu Lampa menunjukkan akurasi data yang baik dengan error yang di dapat tidak lebih dari 10%.

**Keywords**— Banjir, IOT, Peringatan dini, Monitoring, Bendung Katulampa.

## I. PENDAHULUAN

Banjir adalah luapan air sungai kedaerah alirannya akibat ketidakmampuan sungai menampung air hujan karena adanya faktor pendangkalan sungai. Peringatan dini kepada masyarakat tentang suatu bencana adalah dengan menyampaikan informasi kepada masyarakat dengan bahasa yang mudah dimengerti khususnya di Bendungan Katulampa [1]. Pada tahun 1996, 2002, 2007 dan 2010 di musim hujan [2], air dapat melewati bendungan ini dengan rekor jumlah air 630 ribu liter per detik atau pada ketinggian 250 cm. Terjadinya banjir disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya, terjadinya hujan lebat melebihi kapasitas sistem drainase yang mengakibatkan banjir [3]. Sungai meluap yang mengalir dari hilir menuju dataran rendah menyebabkan air masuk hingga menggenang dengan cakupan yang luas secara tiba-tiba seperti di kota DKI Jakarta [4]. Akibat banjir tersebut banyak kerugian yang ditimbulkan, baik materil maupun spiritual. Untuk meminimalisirnya, peringatan dini akibat banjir menjadi sedini solusi yang dapat ditawarkan [5]. Untuk itu dibuatlah media

pemantauan jarak jauh adalah dengan memanfaatkan teknologi internet[6]. Media teknologi saat ini sudah mengembangkan suatu sistem yang dapat dikontrol dengan jarak jauh untuk menyalakan dan mematikan perangkat elektronik dengan gadget, yaitu melalui sebuah smartphone dan sebuah mikrokontroler. Mikrokontroler ini diprogram menggunakan sistem IoT (*Internet Of Things*) [7] sebagai pemberi informasi dan alat ini dilengkapi dengan sebuah sensor untuk mengukur seberapa jarak yang dibutuhkan, sehingga bisa lebih efisien dalam penggunaannya [8], [9].

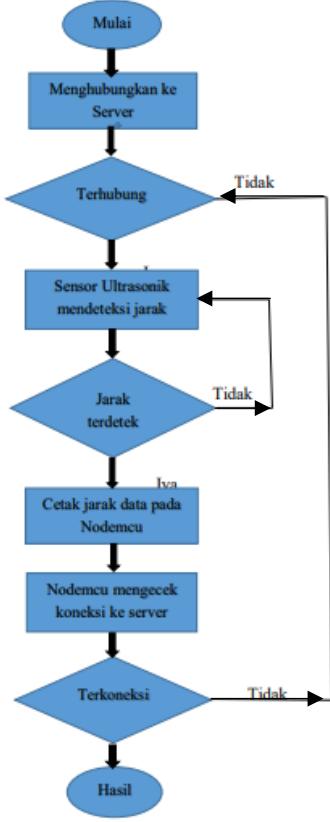
Banyak ilmuwan diantaranya [8], [6], [7], [9] telah melakukan beberapa penelitian mengenai sistem peringatan awal banjir. Dalam studi ini, sensor ultrasonic digunakan sebagai alat pendekteksi untuk men-trigger informasi situasi banjir dan memberikan peringatan segera melalui platform blynk dengan median Internet of Things (IoT). Berdasarkan uraian diatas maka penulis membuat penelitian guna memberikan studi kasus mengenai permasalahan yang terjadi pada bahaya banjir dilingkungan yang berdampak langsung, dengan membuat sebuah alat menggunakan aplikasi Blynk yang bisa di jalankan dengan sebuah gadget dan memanfaatkan koneksi internet [10].

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat dan merancang sistem peringatan bahaya banjir dengan sistem IoT menggunakan nodemcu dan aplikasi Blynk, Ingin mengetahui jarak antara permukaan air dengan daratan menggunakan sensor ultrasonik yang diakses dengan aplikasi dan untuk mengetahui seberapa cepat waktu yang dibutuhkan dalam pengiriman data dari tempat penelitian sampai ke aplikasi Blynk dengan parameter delay [11]. Dan harapannya dapat bermanfaat sebagai sumber informasi dan wawasan baru bagi masyarakat dan penulis untuk mengetahui cara membuat sebuah sistem pemantauan ketinggian air jarak jauh berbasis IoT dengan nodemcu, sebagai prototipe peringatan dini, jika terjadi bencana alam khususnya bahaya banjir, mengetahui cara menerapkan sistem Internet Of Things (IoT) pada sistem pemantauan peringatan bahaya banjir jarak jauh dengan nodemcu, dan memberikan kontribusi dalam media pembelajaran dan pengembangan ilmu teknologi untuk memonitoring ketinggian air berbasis IoT[12]. Lebih dari itu, pengembangan sistem ini membantu penduduk mengetahui

apabila air yang terdeteksi berpotensi memicu banjir. Dengan metode ini, penghuni bisa memanfaatkan sistem kapan saja, di mana saja menggunakan ponsel pintar mereka.

## II. METODE

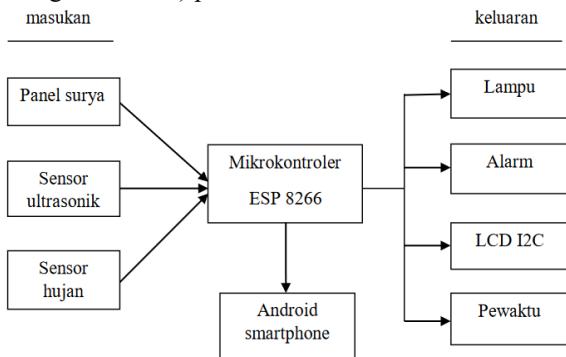
Sebelum memulai penelitian lebih lanjut, di bawah ini adalah gambaran aliran yang disarankan untuk penelitian untuk menggambarkan proses penelitian ini.



Gambar. 1 Flow Chart Penelitian

### Analisa Sistem

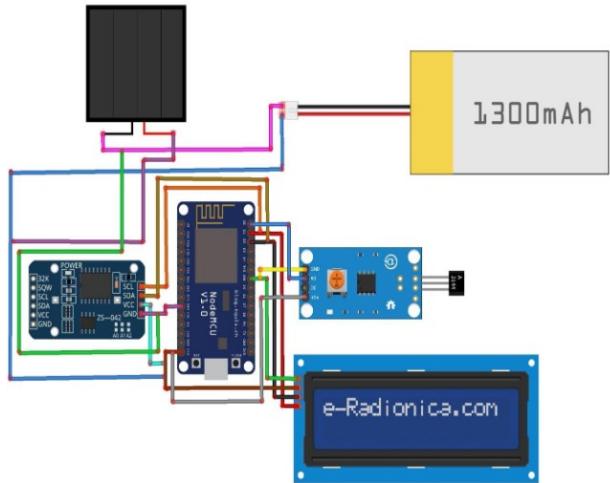
Sistem kontrol dari penelitian ini dibuat menggunakan hardware dan software. Sistem akan terhubung dengan aplikasi Blynk agar dapat melakukan fungsi kendali untuk monitoring pada sistem peringatan banjir dan curah hujan melalui koneksi WiFi. Skema rangkaian gambar 2 merupakan skema besar (blok diagram sistem) penelitian ini.



Gambar. 2 Diagram Blok Sistem

Dari gambar 2 dapat dijelaskan prinsip kerja sistem yang dibuat adalah sebagai berikut :

1. Panel surya memberikan daya ke baterai lalu di sambungkan ke mikrokontroler untuk memproses jalannya program.
2. Sensor ultrasonik mengirimkan input log data ke server (Blynk)[13] melalui mikrokontroler Nodemcu ESP8266 [14], kemudian ditampilkan di LCD I2C.
3. Serta rain gauge (sensor ultrasonik) mengirimkan input log data ke mikrokontroler nodemcu ESP8266, kemudian ditampilkan di LCD I2C [15].



Gambar. 3 Rangkaian Rain Gauge (Sensor Ultrasonik)

Gambar 3 menunjukkan susunan sensor hujan. Perangkat ini beroperasi ketika seluruh susunan dialiri dengan tegangan listrik 220 volt. Namun, dengan pengaturan panel surya dan sumber daya, tegangan diubah menjadi arus searah, yang berkisar antara 5 dan 12 volt. Tiap sensor memerlukan tegangan masukan sebesar 5 volt agar dapat diaktifkan.

### Perancangan Alat

Dalam perancangan perangkat keras, dibuat sebuah maket sederhana berbentuk kotak penyimpanan alat berukuran kecil sebagai tempat peletakan komponen-komponen pengendali dan sebuah sistem yang dibuat dengan aplikasi blynk. Dalam perancangan ini, pemeriksaan *realtime* untuk tingkat ketinggian air menggunakan konsep Internet of Things (IoT) yang mengikuti batas manual pada bending katulampa yang dapat diakses di mana saja asalkan terhubung dengan jaringan internet. Sebagai tambahan untuk pengamanan peralatan dibuat dengan bahan kayu berwarna coklat untuk menempatkan komponen-komponen seperti mikrokontroler, dan baterai dengan ukuran panjang 50 cm dan lebarnya 70 cm seperti pada gambar 4. Terlihat bahwa box panel berwarna coklat selain berisikan komponen dan baterai ada juga sensor dan panel surya di sisi luarnya.

### Perancangan Perangkat Keras

Aplikasi seperti Arduino IDE dan Blynk diperlukan untuk merancang peringatan banjir berbasis IoT menggunakan

NodeMCU. Aplikasi adalah komponen dari sistem komputer yang tidak memiliki bentuk fisik dan tidak terlihat karena merupakan kumpulan data elektronik yang disimpan dan dimanipulasi oleh komputer dalam bentuk program yang menjalankan instruksi. Fitur-fitur yang digunakan pada perangkat lunak menggunakan sketch Arduino IDE sebagai program data dan aplikasi blynk sebagai penerima data dari sensor dan data curah hujan. Pada perangkat blynk yang digunakan adalah Notifikasi, Email, Eventor dan Graph.



Gambar. 4 Box Panel dan Alat-alat yang Digunakan

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode black box testing digunakan sebagai sistematika pengujian dalam penelitian ini. Pengujian black box adalah metode pengujian berdasarkan pengecekan detail desain. Metode pengujian menggunakan struktur kontrol desain program prosedural. Tujuan pengujian ini adalah untuk memeriksa fungsionalitas perangkat lunak secara internal dan memastikan bahwa fungsi internal memenuhi persyaratan.

Pengumpulan informasi berlangsung di beberapa bagian, yaitu. Pengambilan informasi menggunakan kondisi peringatan permukaan air bendungan Katu Lampa sebagai acuan, pengambilan informasi menggunakan informasi situasi nyata 1:10 (kondisi permukaan air bendungan Katulampa).

TABEL I  
Status Siaga Bendungan Air Katulampa

STATUS	KETINGGIAN AIR	Status Warna LED
NORMAL	10 cm - 49 cm	Hijau
SIAGA IV	50 cm - 79 cm	Hijau
SIAGA III	80 cm - 149 cm	Kuning
SIAGA II	150 cm - 209 cm	Kuning
SIAGA I	200 cm - 250 cm	Merah

Status siaga ketinggian permukaan air bendung Katulampa dibagi menjadi 5 yaitu Keadaan Normal dengan ketinggian <50 cm, Siaga IV dengan ketinggian <80 cm, Siaga III dengan ketinggian <150 cm, Siaga II <200 cm, dan Siaga I dengan ketinggian ≥200 cm.

### Pengujian Sensor Ultrasonik

Dalam penelitian ini, diterapkan sensor ultrasonik HCSR-04 untuk mengukur tinggi air. Sensor ultrasonik HCSR-04 adalah tipe sensor yang dapat mengubah fenomena fisik berupa gelombang suara menjadi fenomena listrik. Sensor ini mampu mengukur jarak mulai dari 2 cm hingga 400 cm dengan tingkat ketepatan hingga 3 mm.

Apabila penerima tidak mendapatkan gelombang, maka pin ECHO akan menghasilkan sinyal logika 0. Jarak dihitung mulai dari saat pin ECO berlogika 0. Karena itu, jarak dapat dihitung menggunakan rumus berikut: Jarak = (Waktu tempuh/2) x kecepatan suara. Nilai kecepatan suara adalah 343 m/s.

TABEL II  
Pengujian Sensor Ultrasonik Batas Normal

Waktu & Tanggal 07/02/2022	Ketinggian Air	Keterangan	
		LED	BUZZER
11.30	20 cm	Hijau Menyala	Silent
11.40	26 cm	Hijau Menyala	Silent
11.50	32 cm	Hijau Menyala	Silent
12.00	40 cm	Hijau Menyala	Silent
12.10	50 cm	Hijau Menyala	Silent

Pada tabel II pengujian dilakukan dengan mengukur ketinggian menggunakan mistar/penggaris pada jarak sensor ultrasonik. Ketinggian air di Katu Lampa saat itu sedang surut, karena hujan tidak terlalu deras maka aliran sungainya normal. Dan data yang dihasilkan LED hijau menyala yang menandakan keadaan di bendung Katu Lampa dalam batas normal.

TABEL III  
Pengujian Sensor Ultrasonik Batas Normal terjadi peningkatan

Waktu & Tanggal 09/02/2022	Ketinggian Air	Keterangan	
		LED	BUZZER
01.30	120 cm	Kuning Menyala	Silent
01.40	130 cm	Kuning Menyala	Silent
01.50	148 cm	Kuning Menyala	Silent
02.00	155 cm	Kuning Menyala	Silent
02.10	160 cm	Kuning Menyala	Silent

Pada tabel III pengujian dilakukan di Bendung Katu Lampa dengan mengukur jarak ketinggian air dengan sensor ultrasonik. Aliran sungai yang mengalir cukup deras saat itu melalui pintu air, di karenakan sekitaran wilayah Bogor sudah mulai cukup deras hujan yang turun. Mengakibatkan data yang muncul pada layar LCD terlihat diatas 100 cm dan LED kuning menyala menandakan siaga 3 hingga siaga 2.

### Pengujian Akurasi Alat

Pada pengujian akurasi alat ini, digunakan perbandingan pembacaan asli *Waterlevel* bendung Katulampa dengan pembacaan sensor ultrasonik. Pengujian akurasi alat ini

dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran menggunakan instrumen ukur kedalaman bendung Katu Lampa dengan pengukuran yang dilakukan oleh sensor pada jarak objek yang sama. Tujuan dari pengujian akurasi alat adalah untuk mengetahui apakah *prototype* mampu memberikan nilai jarak yang sesuai ketika dibandingkan dengan nilai ketinggian jarak aktual. Pengujian dilakukan hingga selama 2 jam sesuai ketinggian aktual dari bendung Katulampa. Hasil pada tabel III.

TABEL III

Pengujian akurasi Sensor Ultrasonik Batas Normal

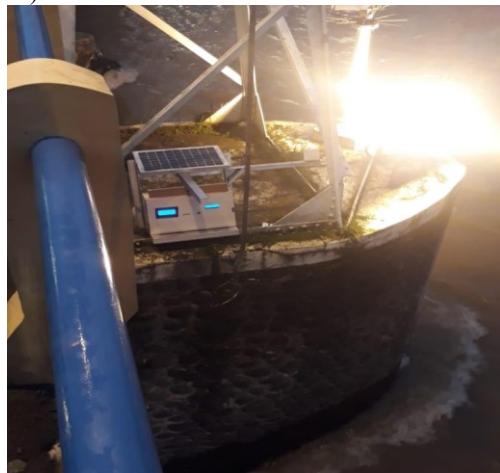
Waktu & Tanggal 08/02/2022	Jarak		Error $\frac{ x - x_a }{x} \times 100\%$
	Waterlevel Katulampa (x)	Pengujian Sensor (xa)	
13.00.05	30	30,05	0,17
13.10.20	30	30,50	1,67
13.20.10	29	30,05	3,62
13.30.02	29	29,80	2,76
13.40.15	30	30,60	2
13.50.11	31	31,35	1,13
14.00.02	31	31,90	2,90
14.10.20	32	33,40	4,37
14.20.13	35	36,40	4
14.30.26	37	37,50	1,35
14.40.21	37	38,20	3,24
14.50.18	36	37,30	3,61
15.01.04	36	36,40	1,11

Dari hasil pengujian akurasi di dapatkan nilai error yang mendekati dimana batas toleransi suatu alat adalah 10% dan nilai error yang di dapatkan kurang dari 10%.

#### Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian ketepatan alat ini dilakukan dengan membandingkan pengukuran alat ukur kedalaman tanggul Katu Lampa dengan pengukuran yang dilakukan oleh sensor pada jarak yang sama dari objek. Pengujian dilakukan pada batas kemampuan sensor

dalam mengukur jarak. Dengan menguji seluruh sistem, perangkat (mikrokontroler) dapat mengirim data yang akurat melalui aplikasi Blynk dan menerima database dari web server dan dapat ditampilkan di halaman web dengan kecepatan unduh data dari aplikasi ke halaman web sekitar 5 detik untuk setiap data yang dikirim tanpa harus *me-refresh* halaman utama karena menggunakan sistem rendering otomatis atau *real-time* (gambar 6).



Gambar. 5 Pengujian Perangkat Keras

Berdasarkan diagram, angka determinasi adalah  $R^2 = 1$ . Angka korelasi diperoleh dengan menggunakan angka determinasi sebagai dasar, yaitu  $R = 1$ . Pada pengukuran jarak lebih dari 235 cm, angka korelasinya adalah  $R = 0,92$ . Angka korelasi  $R > 0,95$  menunjukkan korelasi sensor dengan perubahan fisik atau kimia. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sensor ultrasonik sangat akurat dalam mengukur jarak dari 0 cm hingga 235 cm. Secara umum, semakin besar jarak yang diukur, semakin kecil kesalahan yang terjadi. Perbedaan antara hasil tes dan jarak sebenarnya mungkin disebabkan oleh gangguan. Sensor ultrasonik dapat membaca jarak dengan selisih 0,5 cm.



Gambar. 6 Grafik Ketinggian Air Live

Selama pengujian perangkat, sebagai bagian dari desain dan pembuatan prototipe sistem peringatan banjir ini, komponen diuji secara terpisah dan bersama-sama untuk menghasilkan hasil yang diharapkan atau terprogram. Dengan sistem pemantauan ketinggian air ini, peralatan pemantauan bendungan Katu Lampa telah selesai dan telah dicoba diterapkan selama 1 bulan (gambar 5), yang dapat membawa efisiensi kerja yang lebih tinggi dan memungkinkan pengawas atau pekerja dengan mudah mengamati bendung Katu Lampa, sistem pemantauan dan kontrol aktivitas air bendung Katu Lampa sekarang dapat dipantau secara digital dan secara otomatis dilengkapi dengan sistem IoT.

#### IV. PENUTUP

##### Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Alat pengendali aplikasi Nodemcu dan Blynk untuk memonitor aktivitas air di bendungan Katu Lampa menggunakan sensor ultrasonik.
2. Informasi jarak antara permukaan air Bendungan Katulampa dengan tanah sekitarnya ditunjukkan dengan suara alarm (*buzzer*) dan LED yang digunakan sebagai titik keluar pada saat kondisi tertentu berfungsi dengan baik dan tanpa kesalahan. Pada jarak 40 cm (normal) *buzzer* tidak berfungsi dan lampu hijau menyala, pada jarak 120 cm - 160 cm (mode standby), *buzzer* mati dan lampu kuning menyala, dan pada percobaan indifidu, jarak 200 cm - 250 cm (Bahaya), *buzzer* bekerja setiap setengah detik dan lampu merah menyala.
3. Pengujian akurasi sensor ultrasonik pada Bendungan Katu Lampa memiliki akurasi data yang tinggi dibuktikan bahwa rentang error sensor tidak mencapai 10%.
4. Studi ini juga merupakan cara untuk belajar menggunakan teknologi terbaru untuk mengoptimalkan Internet untuk kontrol jarak jauh perangkat elektronik.

##### Saran

1. Diharapkan model sistem pemantauan ketinggian air ini dapat dikembangkan lebih lanjut melalui metode pengolahan yang lebih rumit, menggunakan sensor lain dengan spesifikasi yang lebih tinggi, untuk mencapai hasil yang tepat dan mengumpulkan lebih banyak data.
2. Mengembangkan cadangan yang lebih baik dengan metode lain yang lebih mutakhir untuk mendukung perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.
3. Diharapkan dilakukan pengujian dan penelitian lebih lanjut dengan model sistem pemantauan ketinggian air, yang tidak termasuk dalam penelitian ini.
4. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan sensor dengan jarak pengukuran yang lebih jauh dan stabil.
5. Diharapkan lebih dari satu sensor ultrasonik akan diperlukan untuk membuat model sistem peringatan banjir dalam penelitian mendatang, karena hanya

menggunakan satu sensor jarak akan menyebabkan deteksi yang tidak akurat.

#### REFERENSI

- [1] P. D. Dinas Sumber Daya Air, "Posko Banjir Jakarta," <http://poskobanjir.sda.jakarta.go.id/>, 2021. <http://poskobanjir.sda.jakarta.go.id/default.aspx>.
- [2] Saeno, "Bogor Hujan, Begini Kondisi Bendung Katulampa," *Bisnis.com*, 2020. <https://kabar24.bisnis.com/read/20200205/243/1197793/bogor-hujan-begini-kondisi-bendung-katulampa> (accessed Jul. 20, 2022).
- [3] M. Evita, H. Mahfudz, S. Suprijadi, M. Djamil, and K. Khairurrijal, "Alat Ukur Curah Hujan Tipping-Bucket Sederhana dan Murah Berbasis Mikrokontroler," *J. Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, vol. 2, no. 2, p. 69, Jan. 2011, doi: 10.5614/joki.2010.2.2.1.
- [4] A. S. I. Nafik, "Rancang Bangun Prototype Monitoring Ketinggian Air Pada Bendungan Berbasis Internet of Things," *Ranc. Bangun Prototype Monit. Ketinggian Air Pada Bendungan Berbas. Internet Things*, vol. 10, no. 1, pp. 29–35, 2020.
- [5] Akhiruddin, "Rancang Bangun Alat Pendekripsi Ketinggian Air Sungai Sebagai Peringatan Dini Banjir Berbasis Arduino Nano," *J. Electr. Technol.*, vol. Vol.3 No., no. 3, pp. 174–179, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/jet/article/view/963>.
- [6] A. Ahlul, K. Ramadhan, E. Kurniawan, and A. Sugiana, "Perancangan Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Mikrokontroler Dan Short Message Service (Sms) Design System of Flood Early Warning Based on Microcontroller and Short Message Service (Sms)," *e-Proceeding Eng.*, vol. 7, no. 1, pp. 178–186, 2020.
- [7] D. N. Ilham, E. Satria, F. Anugreni, R. A. Candra, and H. N. R. A. Kusumo, "Rain Monitoring System for Nutmeg Drying Based on Internet of Things," *J. Comput. Networks, Archit. High-Performance Comput.*, vol. 3, no. 1, pp. 52–57, Feb. 2021, doi: 10.47709/cnahpc.v3i1.933.
- [8] T. A. Firmansah and K. E. Susilo, "Prototype Sistem Monitoring dan Kontrol Banjir Berbasis Internet of Things Menggunakan ESP32," *Techno Xplore J. Ilmu Komput. dan Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 1, pp. 33–40, 2020.
- [9] M. R. Fahlevi and H. Gunawan, "Perancangan Sistem Pendekripsi Banjir Berbasis Internet of Things," *It (Informatic Tech. J.*, vol. 8, no. 1, p. 23, 2021, doi: 10.22303/it.8.1.2020.23-29.
- [10] A. R. Al-faridzi, E. Kurniawan, and A. Sugiana, "Iot Blynk Untuk Sistem Monitoring Pendekripsi Dini Banjir Sungai Citarum Terintegrasi Media Sosial," *Proc. Eng.*, vol. 7, no. 1, pp. 43–52, 2020.
- [11] T. A. Tomy Aditya Firmansah, "Prototype Alat Monitoring dan Kontrol Banjir," *Techno Xplore J. Ilmu Komput. dan Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 1, pp. 33–40, Sep. 2020, doi: 10.36805/technoxplore.v5i1.1081.
- [12] N. Pratama, U. Darusalam, and N. D. Nathasia, "Perancangan Sistem Monitoring Ketinggian Air Sebagai Pendekripsi Banjir Berbasis IoT Menggunakan Sensor Ultrasonik," *J. MEDIA Inform. BUDIDARMA*, vol. 4, no. 1, p. 117, Jan. 2020, doi: 10.30865/mib.v4i1.1905.
- [13] blynk, "Datasheet Blynk IOT," [blynk.io](https://blynk.io), 2020. <https://docs.blynk.io/en/> (accessed Feb. 20, 2021).
- [14] Ai-Thinker, "Datasheet: ESP-12E WiFi Module," *Prod. Datasheet*, pp. 1–18, 2015, [Online]. Available: <http://www.kloppenborg.net/images/blog/esp8266/esp8266-esp12e-specs.pdf>.
- [15] Datasheet I2C 1602, "Datasheet I2C 1602 Serial LCD Module Specifications," 2014.