

# Sistem Telemetri dan Telekontrol Ketinggian Air Waduk Berbasis LoRa SX1278 dengan Otomatisasi Pintu Air

## *LoRa-Enabled Telemetry and Telecontrol System for Reservoir Water Level and Sluice Gate Automation*

**Bagas Danu Saputro, Galang Bagas Setiawan, Mira Aprilia Safitri, Anggia Futihatin Nashihah, Milzam Satria Isnawan, Ahmad Hanafi**

Universitas Negeri Yogyakarta Fakultas Vokasi Kampus 1 : Jl. Mandung Pengasih Kulonprogo Yogyakarta 55652

Email : [bagasdanu.2023@student.uny.ac.id](mailto:bagasdanu.2023@student.uny.ac.id)

**Abstrak** - Penelitian ini dilatarbelakangi oleh meningkatnya kebutuhan akan sistem pemantauan dan pengendalian waduk yang akurat serta responsif akibat perubahan iklim yang menyebabkan fluktuasi tinggi muka air yang tidak menentu. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem telemetri dan telekontrol ketinggian air berbasis LoRa SX1278 yang mampu memantau ketinggian air secara real-time sekaligus mengendalikan pintu air secara otomatis. Metode yang digunakan meliputi perancangan perangkat keras yang terdiri dari sensor ketinggian air, mikrokontroler ESP32, modul LoRa SX1278, serta aktuator servo, dan pengembangan perangkat lunak untuk pengiriman data serta kontrol jarak jauh berbasis MQTT. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu beroperasi stabil hingga jarak 100 meter dengan tingkat keberhasilan pengiriman data mencapai 100%. Servo pintu air juga bereaksi otomatis sesuai kondisi air, yaitu membuka pada ketinggian air di atas 85% dan menutup pada kondisi di bawah ambang tersebut. Sistem ini terbukti efisien, hemat daya, dan andal dalam mendukung pemantauan serta pengendalian waduk secara jarak jauh. Penerapan sistem ini diharapkan dapat membantu proses mitigasi bencana banjir dan meningkatkan efektivitas pengelolaan sumber daya air.

**Kata kunci :** Telemetri, LoRa SX1278, ESP32, Ketinggian Air, Kendali Otomatis.

**Abstract** - This research is motivated by the increasing need for an accurate and responsive reservoir monitoring and control system due to climate change, which causes unpredictable water level fluctuations. This study aims to design and implement a LoRa SX1278-based telemetry and telecontrol system capable of real-time water level monitoring and automatic gate control. The method includes the development of hardware consisting of a water level sensor, ESP32 microcontroller, LoRa SX1278 module, and servo actuator, as well as software integration for MQTT-based data transmission and remote control. The experimental results show that the system operates stably up to a distance of 100 meters with a 100% data transmission success rate. The gate servo automatically responds to water conditions by opening when the level exceeds 85% and closing when below the threshold. The system proved efficient, low-power, and reliable in supporting remote reservoir monitoring and control. The implementation of this system is expected to aid flood disaster mitigation and enhance the effectiveness of water resource management.

**Keywords :** Telemetry, LoRa SX1278, ESP32, Water Level, Automatic Control.

### I. PENDAHULUAN

Waduk merupakan salah satu infrastruktur penting yang berfungsi sebagai pengendali banjir, penyedia air baku, serta pendukung kegiatan irigasi bagi masyarakat. Kebutuhan akan sistem pemantauan waduk yang akurat dan responsif terus meningkat seiring dengan intensitas perubahan iklim yang menyebabkan fluktuasi tinggi muka air yang tidak menentu [1]. Pada banyak lokasi, proses pemantauan ketinggian air dan pengoperasian

pintu air masih dilakukan secara manual. Kondisi tersebut sering menimbulkan keterlambatan dalam pengambilan keputusan terutama ketika terjadi peningkatan debit air secara tiba-tiba. Seiring berkembangnya teknologi Internet of Things (IoT), metode pemantauan jarak jauh berbasis sensor dan komunikasi nirkabel mulai digunakan untuk meningkatkan kecepatan dan akurasi pengelolaan infrastruktur air [2]. Salah satu teknologi komunikasi jarak jauh berdaya rendah yang banyak

digunakan adalah LoRa, yang mampu bekerja pada jangkauan lebih dari 5–10 km dengan konsumsi daya yang rendah [3].

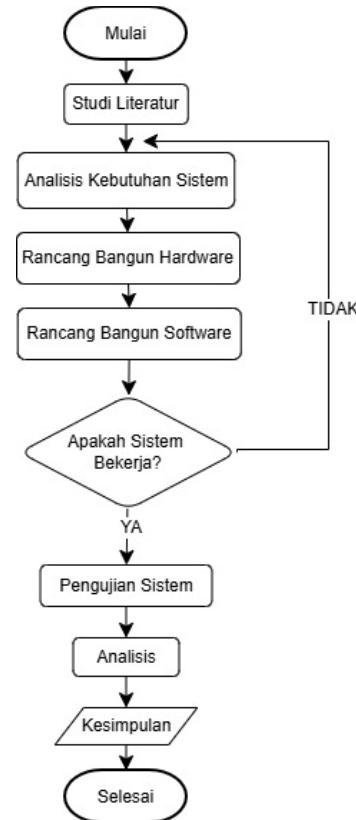
Penelitian berbasis IoT untuk pemantauan air telah dilakukan dalam beberapa tahun terakhir. Susanto dkk (2019) mengembangkan sistem pemantauan ketinggian air sungai menggunakan sensor ultrasonik dan GSM, namun sistem tersebut memiliki keterbatasan jangkauan dan konsumsi daya yang tinggi [4]. Penelitian lain menerapkan LoRa sebagai media transmisi untuk memantau kondisi air dan menunjukkan bahwa LoRa memiliki kinerja yang stabil pada area terbuka dengan kebutuhan daya yang rendah [5]. Namun, penelitian tersebut hanya berfokus pada proses monitoring dan belum mengintegrasikan fungsi pengendalian pintu air secara otomatis. Di sisi lain, penelitian Wibowo dkk (2020) mengembangkan sistem kendali pintu air berbasis mikrokontroler dan servo, tetapi sistem tersebut hanya bekerja secara lokal tanpa dukungan telemetri jarak jauh serta belum dilengkapi notifikasi otomatis [6]. Selain itu, penelitian mengenai sistem peringatan dini berbasis Firebase menunjukkan kemampuan memberikan notifikasi real-time, namun belum terintegrasi dengan sistem kendali fisik seperti servo pintu air [7].

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, terlihat adanya kesenjangan pada integrasi sistem monitoring, telekontrol, dan notifikasi dalam satu platform terpadu. Sebagian penelitian hanya menitikberatkan pada pemantauan, sebagian lainnya berfokus pada kendali lokal, dan beberapa hanya mengembangkan sistem peringatan. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kontribusi baru berupa perancangan sistem telemetri dan telekontrol ketinggian air waduk berbasis LoRa SX1278 yang terintegrasi dengan kendali otomatis pintu air serta notifikasi email dan alarm lokal secara real-time. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sebuah sistem yang mampu memantau tinggi muka air secara jarak jauh, mengendalikan pintu air secara otomatis, serta memberikan peringatan dini kepada petugas ketika kondisi air berada dalam status waspada atau bahaya. Sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efektivitas pengelolaan waduk serta mendukung mitigasi bencana secara lebih cepat dan akurat.

## II. METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan dengan pendekatan desain dan implementasi melalui beberapa tahapan utama, yaitu studi literatur, perancangan sistem, perakitan hardware, pengembangan software, serta pengujian dan analisis hasil. Studi literatur dilakukan dengan meninjau penelitian-penelitian terdahulu yang relevan mengenai sistem monitoring dan pengendalian ketinggian air berbasis Internet of Things (IoT) serta komunikasi jarak jauh LoRa.

Setelah proses studi literatur, dilakukan perancangan hardware dan software berdasarkan data spesifikasi komponen yang digunakan. Selanjutnya, dilakukan proses perakitan sistem, pengujian, dan analisis hasil untuk menilai tingkat keakuratan pembacaan sensor, kestabilan komunikasi data, serta respon aktuator servo terhadap perubahan ketinggian air. Tahapan metode penelitian ini diilustrasikan dalam **Gambar 1**.

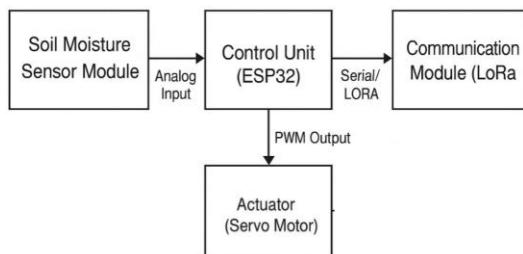


**Gambar 1.** Flowchart Metode Penelitian

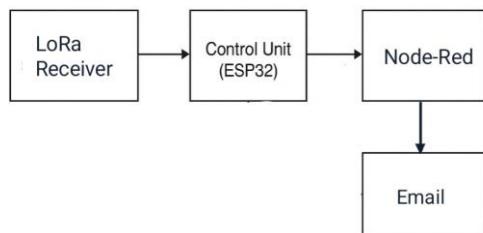
### A. Diagram Blok Sistem

Konsep sistem dirancang untuk melakukan pemantauan tinggi muka air waduk dan pengendalian otomatis pintu air secara jarak jauh menggunakan komunikasi LoRa SX1278. Sistem dibangun dalam dua unit utama, yaitu unit transmitter dan unit receiver.

Unit transmitter berfungsi sebagai pengambil data ketinggian air menggunakan sensor level air analog HW-038, kemudian mengirimkan data ke unit receiver melalui LoRa dalam format JavaScript Object Notation (JSON). Unit receiver berfungsi sebagai penerima data dan pengirim hasil pembacaan ke server Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) agar dapat dimonitor secara real-time melalui dashboard. Hubungan antarblok dalam sistem telemetri dan telekontrol ini diilustrasikan pada **Gambar 2** dan **Gambar 3** berikut.



**Gambar 2.** Diagram Blok Sistem Transmitter



**Gambar 3.** Diagram Blok Sistem Receiver

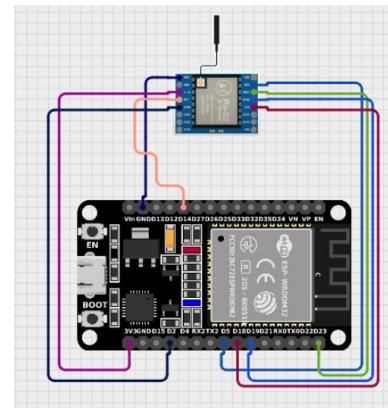
## B. Perancangan Desain Rangkaian Perangkat Keras

Perangkat keras sistem ini menggunakan beberapa komponen utama yang berfungsi sesuai perannya masing-masing. Mikrokontroler ESP32 DevKit V1 digunakan sebagai pusat pengolah data karena memiliki kemampuan pemrosesan tinggi serta konektivitas Wi-Fi dan Serial Peripheral Interface (SPI) yang diperlukan untuk berkomunikasi dengan modul LoRa SX1278.

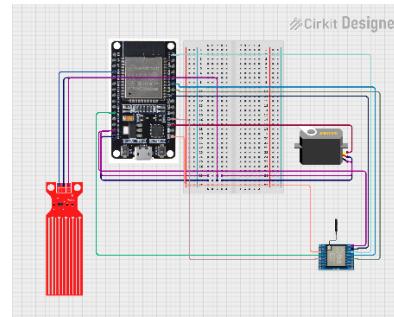
Pada unit transmitter, sensor HW-038 Water Level digunakan untuk mengukur ketinggian air berdasarkan konduktivitas. Nilai analog yang dihasilkan sensor dikonversi oleh ESP32 menjadi data digital dalam bentuk persentase. Aktuator berupa servo motor MG996R berfungsi

menggerakkan pintu air secara otomatis saat ketinggian air melewati ambang batas.

Komunikasi nirkabel antarunit dilakukan menggunakan modul LoRa SX1278 dengan frekuensi 433 MHz yang mampu menjangkau jarak hingga 5 km dalam kondisi line of sight. Unit receiver juga menggunakan ESP32 dan LoRa SX1278 untuk menerima data dari transmitter, kemudian meneruskannya ke MQTT Broker HiveMQ melalui jaringan Wi-Fi. Rangkaian koneksi perangkat keras untuk keseluruhan sistem diilustrasikan pada **Gambar 4** dan **Gambar 5** berikut.



**Gambar 4.** Wiring Receiver



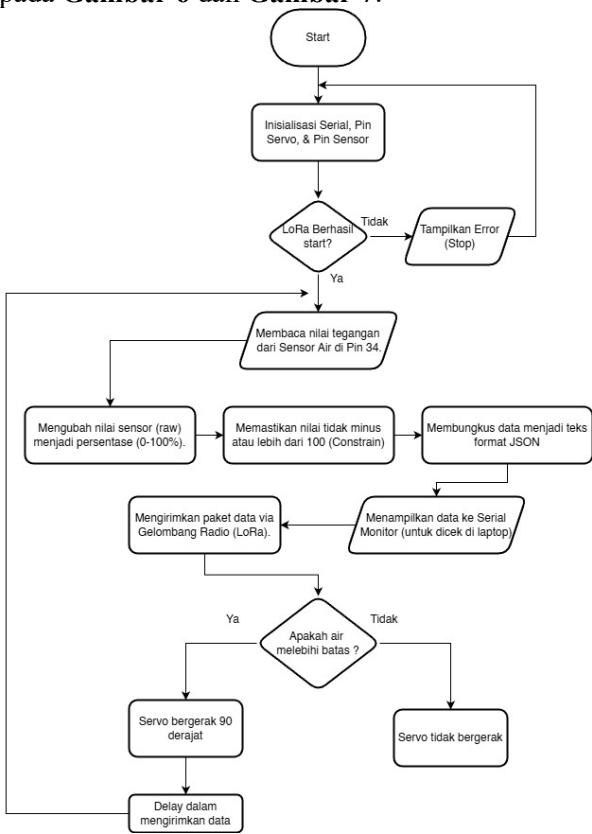
**Gambar 5.** Wiring Transmitter

## C. Perangkat Lunak dan Pemrograman Sistem

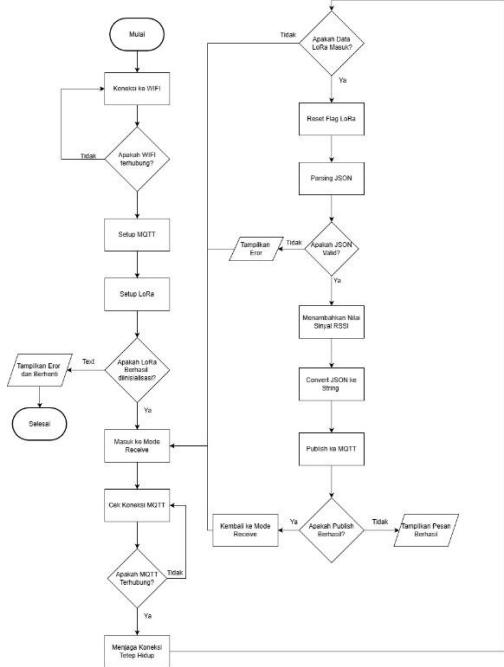
Perangkat lunak sistem ini dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++. Dua program utama dikembangkan, yaitu program transmitter dan program receiver.

Program transmitter bertugas membaca data sensor, memproses nilai analog menjadi persentase tinggi air, menggerakkan servo jika diperlukan, dan mengirimkan data dalam format JSON menggunakan LoRa. Sedangkan program receiver bertugas menerima data LoRa, memprosesnya, serta mengirimkan hasil ke MQTT broker menggunakan pustaka WiFi.h dan PubSubClient.h.

Program juga dilengkapi fungsi callback `onReceive()` yang secara otomatis memproses data setiap kali ada paket baru dari LoRa. Dengan metode ini, sistem mampu bekerja secara sinkron antara transmitter dan receiver tanpa kehilangan data. Flowchart pemrograman sistem ini terlihat pada **Gambar 6** dan **Gambar 7**.



**Gambar 6.** Flowchart Pemrograman Transmitter

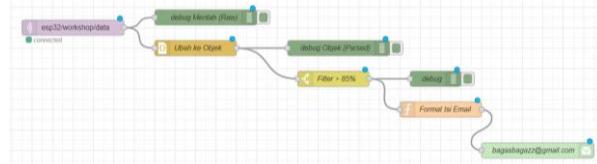


**Gambar 6.** Flowchart Pemrograman Receiver

#### D. Implementasi Node-RED sebagai Sistem Pemantauan dan Notifikasi

Node-RED digunakan sebagai sistem otomasi dan pemantauan data secara real-time berbasis flow programming. Platform ini berfungsi untuk menghubungkan data hasil pembacaan receiver dari MQTT Broker dan memprosesnya menjadi informasi yang mudah dipahami oleh pengguna. Alur proses pada Node-RED dimulai dari penerimaan data melalui topik “esp32/workshop/data”, yang selanjutnya dikonversi dari format mentah menjadi objek JSON. Data tersebut kemudian difilter untuk mendeteksi nilai ketinggian air yang melebihi ambang batas 85%.

Apabila kondisi tersebut terpenuhi, sistem menjalankan fungsi pemformatan pesan untuk menghasilkan notifikasi otomatis berupa peringatan yang dikirimkan melalui email kepada pengguna. Pesan email berisi informasi mengenai level ketinggian air dan kekuatan sinyal LoRa Gateway (Received Signal Strength Indicator atau RSSI) yang menunjukkan kualitas komunikasi antara transmitter dan receiver. Proses ini memastikan bahwa pengguna mendapatkan peringatan dini secara cepat dan akurat ketika kondisi air berada di atas batas aman. Alur lengkap sistem Node-RED ditunjukkan pada **Gambar 8**, sedangkan hasil pengujian pengiriman notifikasi email ditampilkan pada **Gambar 9**.



## Gambar 8. Alur NodeRED



**Gambar 9.** Pengujian Pengiriman Notifikasi

### **III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Tabel I. Tabel hasil pengujian

Jarak LoRa	Ketinggian Air	Pengiriman	Sudut Servo
0m	0%	Berhasil	0°
10m	90%	Berhasil	90°
30m	50%	Berhasil	0°
50m	30	Berhasil	0°

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap sistem telemetri dan telekontrol ketinggian air berbasis LoRa SX1278, diperoleh data bahwa komunikasi antara unit transmitter dan receiver berjalan dengan baik pada seluruh jarak pengujian, mulai dari 0 meter hingga 100 meter. Seluruh proses pengiriman data tercatat berhasil tanpa adanya kehilangan paket data, yang menunjukkan bahwa modul LoRa memiliki kemampuan transmisi yang stabil pada area terbuka dengan jangkauan hingga 100 meter. Kondisi ini juga memperlihatkan bahwa sistem mampu mempertahankan integritas data selama proses transmisi berlangsung, sehingga informasi mengenai ketinggian air dapat diterima secara akurat oleh unit penerima.

Dari sisi pengukuran ketinggian air, sistem menunjukkan tingkat respons yang baik terhadap variasi nilai yang terdeteksi oleh sensor. Pada jarak 0 meter, sensor membaca ketinggian air sebesar 0%, yang diinterpretasikan sebagai kondisi waduk kering, sehingga servo berada pada posisi 0°, menandakan pintu air dalam keadaan tertutup. Ketika ketinggian air meningkat, seperti pada pengujian di jarak 10 meter dengan nilai 90% dan pada 100 meter dengan nilai 100%, servo bergerak ke posisi 90°, yang berfungsi sebagai sinyal bahwa pintu air perlu dibuka untuk mengantisipasi kondisi air yang melebihi ambang batas aman. Respon ini menunjukkan bahwa sistem kendali otomatis berbasis ambang batas telah bekerja dengan baik, di mana servo hanya aktif membuka pintu air pada kondisi yang berpotensi menimbulkan luapan.

Selain itu, pada jarak menengah seperti 30 meter dan 50 meter dengan ketinggian air masing-masing 50% dan 30%, servo tetap berada pada posisi 0°, menandakan bahwa sistem hanya mengaktifkan mekanisme pembukaan pintu air ketika kondisi waduk mencapai status waspada atau bahaya. Hasil ini membuktikan bahwa logika kontrol yang diimplementasikan pada mikrokontroler berfungsi dengan benar, di mana servo merespons sesuai dengan nilai ambang yang telah ditetapkan.

Secara keseluruhan, hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara

andal dalam melakukan pengukuran, pengiriman data, dan pengendalian aktuator secara otomatis. Modul LoRa terbukti efisien untuk komunikasi jarak jauh dengan konsumsi daya rendah, sedangkan integrasi sensor dan servo menghasilkan respon kendali yang cepat serta sesuai dengan kondisi lapangan. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Pham [5] dan Wibowo dkk. [6], yang juga menunjukkan efektivitas penggunaan teknologi LoRa untuk sistem pemantauan air jarak jauh dengan tingkat keberhasilan transmisi yang tinggi. Namun, sistem ini memiliki keunggulan tambahan berupa integrasi fungsi telekontrol servo otomatis, yang menjadikannya lebih adaptif terhadap perubahan kondisi air di lapangan.

### **IV. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem telemetri dan telekontrol ketinggian air berbasis LoRa SX1278 mampu berfungsi secara efektif dan andal dalam memantau serta mengendalikan kondisi ketinggian air waduk secara jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa komunikasi antara unit transmitter dan receiver berjalan stabil hingga jarak 100 meter tanpa kehilangan data, serta sistem mampu memberikan respon otomatis melalui aktuator servo sesuai dengan perubahan tinggi muka air yang terdeteksi sensor. Integrasi antara sensor ketinggian air, modul komunikasi LoRa, mikrokontroler ESP32, dan aktuator servo terbukti mampu menciptakan sistem yang efisien dalam memberikan peringatan dini dan pengendalian pintu air secara real-time. Dengan demikian, sistem ini berhasil menjawab kebutuhan terhadap teknologi pemantauan waduk yang responsif, hemat energi, dan dapat diandalkan dalam mendukung mitigasi bencana serta pengelolaan sumber daya air yang lebih efektif.

Sebagai tindak lanjut dari penelitian ini, disarankan agar integrasi sistem dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan fitur pemantauan berbasis dashboard web atau aplikasi mobile, serta sistem notifikasi yang lebih interaktif seperti pesan instan atau SMS agar mempermudah pengguna dalam melakukan pengawasan dan pengendalian waduk secara real-time dari berbagai lokasi.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] M. A. Hossain, M. S. Rahman, and M. K. Islam, "Climate Change and Water Level Variability: A Review," IOP

- Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 539, no. 1, p. 012073, 2020. [Online]. Available: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/539/1/012073>
- [2] M. N. Hossain, M. M. Rahman, and S. H. Khan, “IoT-Based Water Infrastructure Monitoring Systems: A Review,” arXiv preprint arXiv:2001.00377, 2020. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2001.00377>
- [3] A. Augustin, J. Yi, T. Clausen, and W. M. Townsley, “A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for IoT,” Sensors, vol. 16, no. 9, p. 1466, 2016. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/1424-8220/16/9/1466>
- [4] A. Susanto, R. Maulana, and D. H. Prasetyo, “River Water Level Monitoring Using Ultrasonic Sensor and GSM,” arXiv preprint arXiv:1905.02849, 2019. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1905.02849>
- [5] C. Pham, “Low-Cost and Long-Range Smart Water Level Monitoring Using LoRa Technology,” arXiv preprint arXiv:1806.10878, 2018. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1806.10878>
- [6] A. Wibowo, F. Nurhasanah, and R. Nugroho, “Automatic Water Gate Control Using Microcontroller,” arXiv preprint arXiv:2006.00112, 2020. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2006.00112>
- [7] S. Ali and M. I. Malik, “IoT-Based Early Warning System Using Firebase Cloud Messaging,” arXiv preprint arXiv:2104.02055, 2021. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2104.02055>