

# Perancangan Sensor Water Level Menggunakan Nirkabel

<sup>1\*</sup> Nur Rizqi Satrio, <sup>2</sup> Bima Romadhon Parada Dian Palevi, <sup>3</sup> Michael Ardita

<sup>1</sup> Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional, Malang

<sup>1</sup> 2112036@scholar.itn.ac.id, <sup>2</sup> bimarpdp@lecturer.itn.ac.id, <sup>3</sup> michael.ardita@lecturer.itn.ac.id

## Article Info

### Article history:

Received March 3<sup>th</sup>, 2025

Revised March 6<sup>th</sup>, 2025

Accepted May 18<sup>th</sup>, 2025

### Keyword:

Nirkabel  
Water level  
Sensor  
Wireless

## ABSTRACT

The design of the wireless water level sensor system aims to monitor water in the river effectively and efficiently. The system utilizes wireless technology to transmit data in real-time, allowing users to monitor water levels remotely. In this project, the water level sensor was selected for its high accuracy in measuring the depth of the water. The data collected by the sensors will be transmitted via a wireless communication module such as LoRa that we use to a web-based application or mobile device, where the user can visually monitor the status of the water level.

The system test method is carried out by monitoring the results of water level identification in the river to ensure accuracy. The results show that the system not only provides accurate data, but also reduces the need for manual intervention, thereby improving operational efficiency. In addition, the implementation of this system also provides convenience in disseminating information warning of the existence of.

With the application of wireless technology, these sensor systems have the potential to be applied in various sectors, including agriculture, industry, and water resource management. This research is expected to be the foundation for further development in intelligent and sustainable environmental monitoring.

Copyright © 2025 Jurnal FORTECH.  
All rights reserved.

### Corresponding Author:

Bima Romadhon Parada Dian Palevi,  
Email: bimarpdp@lecturer.itn.ac.id

**Abstrak**—Perancangan sistem sensor water level nirkabel bertujuan untuk memantau air pada sungai secara efektif dan efisien. Sistem ini memanfaatkan teknologi nirkabel untuk mengirimkan data secara real-time, memungkinkan pengguna untuk memantau level air dari jarak jauh. Dalam proyek ini, sensor level air dipilih untuk akurasi tinggi dalam mengukur kedalaman air. Data yang dikumpulkan oleh sensor akan dikirimkan melalui modul komunikasi nirkabel seperti LoRa yang kami gunakan ke sebuah aplikasi berbasis web atau perangkat mobile, di mana pengguna dapat memantau status level air secara visual.

Metode pengujian sistem dilakukan dengan memantau hasil identifikasi ketinggian air pada sungai untuk memastikan akurasi. Hasil menunjukkan bahwa sistem ini memberikan data yang akurat yaitu sebesar 98,72% dan dapat mengurangi kebutuhan akan intervensi manual, sehingga meningkatkan efisiensi operasional. Selain itu, penerapan sistem ini juga memberikan kemudahan dalam menyebarluaskan informasi peringatan keberadaannya. Dengan penerapan teknologi nirkabel, sistem sensor ini memiliki potensi untuk diterapkan di berbagai sektor, termasuk pertanian, industri, dan pengelolaan sumber daya air. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan untuk pengembangan lebih lanjut dalam pemantauan lingkungan yang cerdas dan berkelanjutan.

**Kata Kunci:** Sensor water level, Nirkabel

## 1. PENDAHULUAN

Di negara Indonesia bencana alam menjadi permasalahan yang sering terjadi di berbagai tempat. Letak geografis negara Indonesia menjadi salah satu faktornya. Indonesia yang berada di pertemuan dua lempeng benua dan di garis katulistiwa, hal tersebut yang akan menjadikan Indonesia memiliki iklim tropis dengan curah hujan tinggi, akibatnya Indonesia menjadi sangat rentan terhadap bencana banjir. Curah hujan yang turun di Indonesia bagian barat lebih besar dibandingkan dengan wilayah Indonesia bagian tengah dan bagian timur menyebabkan banjir umumnya sering melanda wilayah Indonesia bagian barat. Selain itu, tempat-tempat lain di Indonesia yang berada di daerah rendah juga berpotensi terjadi banjir. [1] Banjir terjadi diakibatkan oleh kapasitas air di sungai dan saluran air meningkat dari daya tampungnya, sehingga air di daerah sekitar saluran akan tergenang air dan menyebabkan banjir. Kapasitas air dapat bertambah setiap berjalannya waktu, sehingga warga harus selalu siaga. Akibat dari terjadinya bencana banjir banyak kerugian yang ditimbulkan baik dari segi materi maupun psikologi. Bahkan banjir juga dapat menimbulkan korban jiwa karena minimnya pencegahan terhadap akibat dari bencana banjir. [2]

Banjir juga dapat didefinisikan sebagai wilayah yang memiliki debit air cukup tinggi melebihi dari kapasitas daya tampung bendungan atau sungai pada daerah tersebut, hal tersebut dapat menimbulkan kerugian yang cukup tinggi karena menghancurkan harapan hidup masyarakat dengan menghilangkan sebagian atau semua kekayaan yang dimiliki baik yang berbentuk benda hidup, seperti anggota keluarga, ternak dan tanaman yang telah di tanam beberapa bulan untuk dapat di jual, seperti rumah, pekarangan, ladang, dan sawah tempat masyarakat menggantungkan hidup, fisik, sosial dan ekonomi [3]. Terjadinya bencana banjir yang terjadi hampir di setiap masuknya musim penghujan dapat juga dikarenakan oleh rendahnya kemampuan filtrasi tanah terhadap debit air yang cukup banyak namun tanah tersebut tidak cukup untuk menampung debit air yang cukup banyak jumlah debit air yang datang pada sebuah daerah dengan begitu tiba-tiba. Banjir dapat terjadi juga akibat meningkatnya permukaan air akibat dari curah hujan yang terjadi pada ambang diatas normal, perubahan suhu yang cukup signifikan dengan begitu cepatnya, sungai/bendungan yang bobol dikarenakan debit air yang cukup banyak, terhambatnya debit air di tempat lain dikarenakan dengan menumpuknya sampah-sampah yang di buang oleh masyarakat atau faktor alam yang pohon-pohon banyak berguguran yang jatuh pada

aliran sungai yang debit airnya mengalami peningkatan [4].

Inovasi teknologi yang dapat digunakan saat terjadinya bencana banjir yaitu sistem deteksi dini banjir. Penduduk juga membutuhkan informasi deteksi air yang meningkat sehingga akan membantu masyarakat agar lebih siap setiap saat. Sistem tersebut bertujuan untuk memberikan peringatan kepada warga supaya warga lebih dini untuk mengetahui ketinggian air yang berpotensi mengalami banjir. Dengan menggunakan smartphone yang terhubung dengan jaringan WiFi, masyarakat bisa menerima informasi deteksi air melalui web atau aplikasi. Sistem Pendeteksi Banjir berbasis IoT ini akan dikembangkan dengan menggunakan NodeMCU-ESP8266 dan sensor ultrasonic. [5]

Tujuan penelitian ini adalah mengimplementasikan sistem deteksi banjir untuk mengurangi kerugian material yang diakibatkan dari bencana banjir dan mencegah jatuhnya korban jiwa serta menyajikan informasi kapasitas air berbasis IoT (Internet of Things). Sistem tersebut membantu warga untuk mengetahui apakah air yang terdeteksi berpotensi banjir atau tidak. Dengan begitu, warga dapat menggunakan sistem dimana saja dan kapan saja dengan menggunakan smartphone.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yang terstruktur yaitu dengan memastikan pengembangan sistem berjalan dengan baik dan sesuai dengan tujuan. Metode ini dirancang untuk memastikan pengembangan sistem yang terintegrasi, akurat, dan andal dalam mendukung kebutuhan pengelolaan data ketinggian air sungai. Tahapan tersebut meliputi beberapa bagian yaitu sebagai berikut

### A. Riset

Dari penelitian yang berjudul “Sistem Monitoring Tingkat Ketinggian Air Bendungan Berbasis Mikrokontroller” yang diterbitkan oleh Zulfy Budiarto memberitahu tentang sensor water level menggunakan kawat katoda yang diletakkan pada ketinggian yang berbeda. Dengan cara ini dinilai namun terdapat keterbatasan pada sensor yang berupa kabel katoda yaitu tingkat Ketinggian Air yang ditunjukkan hanya tergantung jumlah sensor dan letak sensor pada air. [6]

Dari Penelitian “Pemantauan kualitas air berbasis teknologi LoRa dengan metode Naïve Bayes” yang diterbitkan oleh M. Adib Nursasongko, Ilham Ari

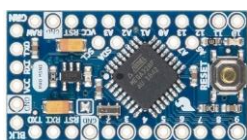
Elbaith, dan Anik Nur Handayani membahas tentang pengujian Lora dengan frekuensi 915 MHz. Pengujian tersebut menguji berapa lama waktu atau respon time yang dibutuhkan untuk menerima data dari lora transmitter dalam kesimpulannya menunjukkan bahwa bila dilingkungan sekitar Lora terdapat banyak pepohonan maka waktu respon time nya akan semakin lama karena pepohonan menyebabkan gangguan pada komunikasi nirkabel pada Lora. [7]

Dalam penelitian "Teknologi Deionisasi untuk produksi air Murni" yang diterbitkan oleh Wardani dan Anita Kusuma membahas tentang molekul air ( $H_2O$ ) didalam molekulnya terdiri dari atom hidrogen dan oksigen yang terikat secara kovalen. Dalam keadaan murni, tidak ada ion positif (kation) atau ion negatif (anion) yang bebas bergerak sehingga air murni tidak dapat menghantarkan listrik, namun air yang terdapat di sungai, danau, ataupun aliran air yang lainnya dapat menghantarkan listrik disebabkan karena adanya ion-ion bebas yang berasal dari mineral dan zat terlarut di dalamnya. Ion-ion ini bertindak sebagai "jembatan" bagi elektron untuk mengalir, sehingga memungkinkan aliran listrik pada air. [8]

### B. Pemilihan Komponen

Komponen utama yang digunakan dalam perancangan sistem sensor water level menggunakan nirkabel meliputi Arduino pro mini, LoRa E220-900T30D, aki 12 volt, esp8266, sensor water level, solar charge controller (SCC). Sensor water level dipilih karena durabilitas, sederhana, fleksibel, tingkat akurasi yang baik, perawatan serta pemasangan yang mudah. Untuk komunikasi nirkabel menggunakan LoRa karena jangkauan komunikasinya yang jauh. Pada sistem pengiriman dan pembacaan sensor water level menggunakan mikrokontroler yaitu Arduino pro mini karena dapat memaksimalkan jangkauan komunikasi LoRa dan dapat membaca sensor water level lebih efektif sehingga komponen – komponen tersebut cocok untuk dirancang pada perancangan ini,

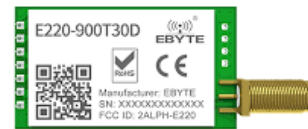
Mikrokontroler yang digunakan pada perancangan sensor water level menggunakan nirkabel yaitu menggunakan Arduino pro mini, Arduino pro mini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Arduino Pro Mini

Arduino Pro Mini adalah sebuah papan mikrokontroler berbasis ATmega168. Pada arduino Terdapat 6 kepala pin yang dapat dihubungkan ke kabel FTDI atau ke kabel USB Adapter lainnya untuk memberikan tegangan dari USB dan berkomunikasi antara komputer dengan Arduino Pro Mini. Arduino Pro Mini tidak dapat langsung dihubungkan ke komputer karena Pro Mini tidak memiliki USB Adapter terintegrasi sehingga para pengguna diwajibkan menyediakan USB Adapter tersendiri. beberapa USB Adapter yang tersedia di pasaran dari mulai yang mahal hingga yang termurah. Penggunaan bisa menggunakan USB Adapter dengan chip ATmega16U2, FTDI, CP1202, CH340. Pada dasarnya Arduino Pro Mini hanyalah breakout dari chip ATmega168/ATmega328 hanya saja dilengkapi dengan beberapa komponen pelengkap. [9]

LoRa yang digunakan pada perancangan sensor water level menggunakan nirkabel yaitu menggunakan LoRa E220-900T22D sebagai komunikasi data antar penerima dan pengirim, LoRa E220-900T22D dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. LoRa e220-900T22D

Modul LoRa E220 merupakan perangkat komunikasi nirkabel yang menggunakan teknologi LoRa (Long Range) yang digunakan untuk mentransmisikan data jarak jauh dengan konsumsi daya yang rendah.

Modul LoRa E220 beroperasi dengan menggunakan teknologi Chirp Spread Spectrum (CSS), yang memungkinkan transmisi data pada frekuensi rendah dengan jangkauan yang lebih jauh. Pada LoRa tersebut memiliki beberapa mode operasi yang dapat dipilih menggunakan pin M0 dan M1. Data dikirimkan melalui antarmuka serial (TX/RX). Modul dapat mengirimkan pesan hingga 200 byte per transmisi. Dalam mode tidur, modul hanya mengkonsumsi arus sangat rendah (beberapa mikroampere), sehingga cocok untuk aplikasi IoT yang memerlukan daya tahan baterai lama. [10]

Untuk Kelebihan pada LoRa yaitu mampu mencapai jarak transmisi yang lebih jauh dibandingkan modul RF tradisional, dapat beroperasi dalam mode tidur dengan konsumsi daya minimal sehingga memperpanjang umur baterai, teknologi CSS memberikan ketahanan terhadap gangguan elektromagnetik, sehingga dapat memastikan komunikasi tetap stabil di lingkungan

yang kompleks, dapat beroperasi pada berbagai frekuensi seperti 433 MHz, 868 MHz, dan 915 MHz.. Sedangkan untuk kekurangan pada LoRa yaitu Kecepatan transfer data relatif lambat biasanya hanya beberapa ratus bit per detik, mendukung komunikasi satu arah, memerlukan protokol tambahan untuk komunikasi dua arah, Dalam penggunaan jaringan besar, potensi interferensi dapat meningkat seiring bertambahnya jumlah perangkat, Latensi dalam pengiriman data bisa menjadi masalah untuk aplikasi real-time. [11]

Selain Arduino pada perancangan ini menggunakan esp8266 tujuannya agar dapat mengirim data sensor ke database melalui jaringan internet, dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. ESP8266

Gambar 3 merupakan ESP8266 yang memiliki arsitektur Harvard dengan prosesor 32-bit yang efisien. Chip ini dilengkapi dengan memori flash eksternal untuk menyimpan firmware dan data. Terdapat juga sejumlah pin GPIO (General Purpose Input/Output), di mana sebagian besar dapat digunakan untuk berbagai fungsi seperti PWM, I2C, dan UART. Modul ini mendukung protokol Wi-Fi 802.11 b/g/n, memungkinkan perangkat untuk terhubung ke jaringan Wi-Fi dan berfungsi sebagai klien atau dapat disebut juga titik akses (Access Point).

Salah satu keunggulan utama dari ESP8266 yaitu biayanya yang rendah, menjadikannya pilihan populer di kalangan pengembang DIY dan proyek IoT. ESP8266 juga memiliki konsumsi daya yang lebih rendah sehingga cocok untuk aplikasi yang memerlukan daya tahan baterai yang lama. Kompatibilitasnya dengan Arduino IDE memudahkan integrasi dalam proyek berbasis Arduino, dan fleksibilitas penggunaan pin GPIO memberikan banyak opsi bagi pengembang. Sedangkan kekurangannya yaitu Kapasitas memori flash yang terbatas bisa menjadi kendala untuk aplikasi yang membutuhkan penyimpanan besar. Kecepatan transfer data meskipun cukup baik, tidak sebanding dengan teknologi komunikasi lainnya seperti Ethernet. Selain itu, modul ini hanya beroperasi pada tegangan 3.3V; penggunaan tegangan lebih tinggi dapat merusak chip. [12]

Konsumsi daya yang rendah, terutama saat dalam mode tidur, merupakan salah satu keunggulan utama mikrokontroler ini. Hal ini sangat penting untuk perangkat yang ditenagai baterai atau yang

membutuhkan daya yang hemat. Rentang tegangan operasi yang cukup luas juga memberikan fleksibilitas dalam pemilihan sumber daya. [13]

Pada perancangan ini tidak menggunakan daya listrik yang berasal dari PLN dikarenakan alat yang dirancang ditempatkan yang tidak terjangkau oleh distribusi listrik dari PLN sehingga prototype tersebut membutuhkan baterai atau aki, dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Aki basah

Aki basah adalah jenis aki yang di dalamnya terdapat cairan elektrolit berupa asam sulfat ( $H_2SO_4$ ). Cairan ini berfungsi sebagai medium untuk reaksi kimia yang menghasilkan aliran listrik. Aki basah terdiri dari sel-sel yang masing-masing memiliki elektroda timbal (Pb) dan timbal dioksida ( $PbO_2$ ).

Cara kerja aki basah yaitu terjadi reaksi kimia antara elektroda dan elektrolit. Proses ini menghasilkan arus listrik yang dapat digunakan untuk menghidupkan mesin kendaraan atau mengoperasikan peranti elektronik lainnya.

Salah satu kelebihan dari aki basah adalah biayanya yang relatif rendah, menjadikannya pilihan ekonomis bagi banyak pengguna. Selain itu, aki ini mudah ditemukan di pasaran, dan banyak bengkel menyediakan layanan perawatan untuk jenis aki ini. Jika dirawat dengan baik, aki basah dapat memiliki umur pakai yang cukup lama. Sedangkan kekurangannya yaitu perawatan rutin sangat diperlukan karena level elektrolit dapat menurun akibat penguapan. Pengguna perlu secara berkala memeriksa dan menambah air destilasi jika diperlukan. Jika tidak dirawat dengan baik, cairan elektrolit dapat tumpah dan menyebabkan korosi pada terminal serta komponen lainnya di sekitar aki. Selain itu, aki basah cenderung lebih berat dibandingkan dengan beberapa jenis aki modern lainnya. [14]

Baterai atau aki membutuhkan suatu komponen untuk mengatur pengisian dan memutus arus listrik pada waktu – waktu tertentu dengan tujuan efisiensi yaitu *solar charge controller*, dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Solar Charge Controller

Salah satu fitur penting dari perangkat yang ditunjukkan pada gambar 5 yaitu kemampuannya untuk mengatur tegangan pengisian baterai. Tegangan pengisian default adalah 10.7 volt, namun nilai ini dapat disesuaikan sesuai dengan jenis baterai yang digunakan. Fitur ini sangat berguna untuk melindungi baterai dari kerusakan akibat pengisian berlebih. [15]

Pada sistem perancangan ini membutuhkan generator listrik tujuannya untuk mengisi daya pada baterai atau aki sehingga panel dipilih sebagai generator listrik untuk perancangan ini, dapat dilihat pada gambar 6.



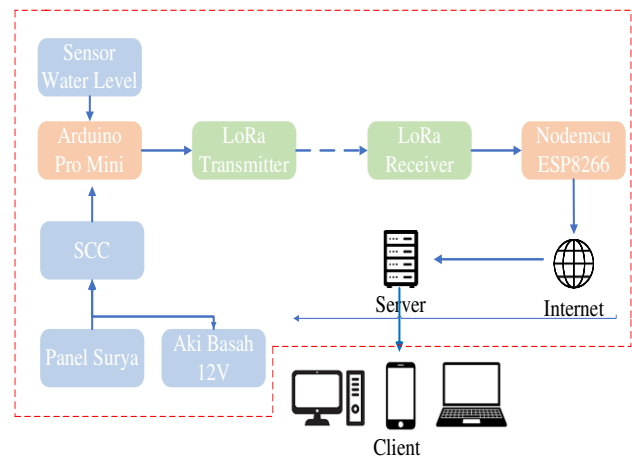
Gambar 6. Panel Surya

Panel surya adalah perangkat yang digunakan untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik melalui proses yang disebut efek fotovoltaik. Panel ini terdiri dari sel-sel fotovoltaik yang terbuat dari bahan semikonduktor, seperti silikon. Ketika sinar matahari mengenai permukaan panel, foton dari cahaya akan diserap oleh sel-sel tersebut, sehingga memicu pelepasan elektron dari atom-atom dalam bahan semikonduktor. Elektron yang terlepas ini menciptakan arus listrik searah (DC). Arus ini kemudian dialirkan ke inverter untuk diubah menjadi arus bolak-balik (AC), yang dapat digunakan untuk kebutuhan listrik sehari-hari atau disimpan dalam baterai untuk digunakan di kemudian hari. [16]

### C. Rancangan Perangkat Keras

Proses pembuatan perangkat ini terdapat 2 sistem yaitu sistem pertama sebagai pengirim data sensor melalui Lora dan membaca tegangan sensor water level yang melibatkan perancangan rangkaian elektronik yang menghubungkan sensor water level dengan arduino, kemudian LoRa dengan arduino, lalu rangkaian off grid sebagai sumber tegangannya,

sedangkan untuk sistem yang kedua sebagai penerima data LoRa dan mengirim data ke database melibatkan perancangan rangkaian elektronik yang menghubungkan esp8266 dengan LoRa dan menghubungkan esp866 ke router yang terhubung dengan jaringan internet. Untuk prototipe tersebut, menggunakan papan PCB matriks, sementara desain akhir menggunakan PCB agar rangkain yang dipasang terlihat rapi. Perangkat keras ini dibagi menjadi beberapa bagian utama yang direpresentasikan dalam blok diagram, dapat dilihat dari gambar 7.



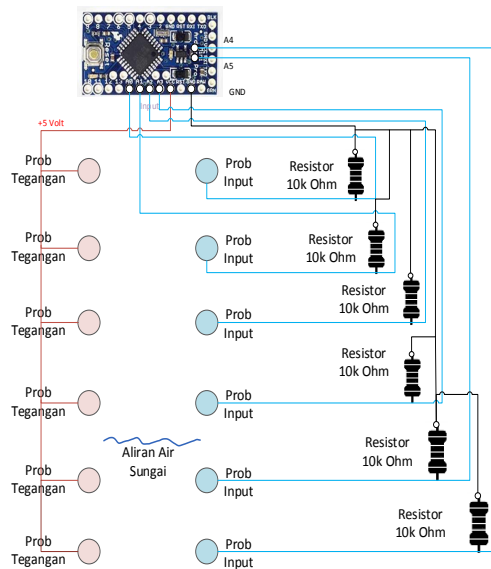
Gambar 7. Blok Diagram sistem

Gambar 7 dapat dijelaskan seperti apa alur pada sistem sensor water level menggunakan nirkabel yaitu pertama- tama aki sebagai daya pada keseluruhan sistem transmitter dan SCC atau Solar Charge Controller sebagai pengendali daya listrik dari panel surya untuk mengisi baterai dan outputnya untuk sistem transmitter yang terhubung ke Arduino Pro Mini, sensor water level, dan LoRa Transmitter, setelah itu Arduino Pro mini memerintah sensor water level untuk mengeluarkan listrik melalui salah satu dari kedua prob ,bila airnya mengenai kedua prob tersebut maka listrik yang dipancarkan oleh salah satu dari kedua prob tersebut akan mengalir ke prob yang satunya sebagai input ADC setelah itu dikonversi menjadi nilai yang kemudian nilai tersebut di kirim melalui LoRa transmitter, Ketiga LoRa receiver jika menerima sinyal dari LoRa transmitter maka nilai yang dikirimkan tersebut menuju ke nodemcu ESP8266 untuk dikirimkan ke server melalui jaringan internet.

Perancangan sensor water level dilakukan dengan menghubungkan prob tegangan dengan pin VCC, sedangkan pin input dihubungkan dengan pin

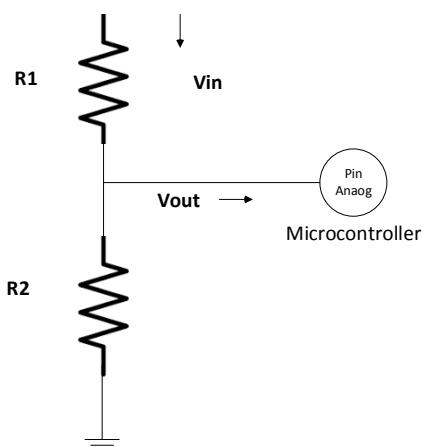


analog, rangkaian sensor water level dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Wiring Sensor Water Level

Pada gambar 8 merupakan gambar wiring sensor water level yaitu pin analog dihubungkan dengan prob sensor water level melalui rangkaian pembagi tegangan tujuannya yaitu untuk menstabilkan rangkaian dan meningkatkan akurasi pengukuran. Prob tegangan dan input menggunakan 6 tingkat dan rangkaian pembagi tegangan dipasang pada setiap 1 tingkat, sedangkan rangkaian pembagi tegangan dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Rangkaian Pembagi tegangan

Gambar 9 menunjukkan rangkaian pembagi tegangan pada sensor water level, maka untuk mencari perhitungan Vout yaitu nilai tegangan yang menuju ke pin analog menggunakan rumus :

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in} \quad (1)$$

Keterangan :

Vout = Tegangan Keluaran (Volt)

R1 = Resistansi R1 (Ohm)

R2 = Resistansi R2 (Ohm)

Vin = Tegangan yang masuk (Volt)

Untuk mengonversi nilai Vout atau tegangan yang masuk ke pin analog yaitu menggunakan rumus :

$$V_{out} = \frac{\text{Nilai ADC}}{\text{Nilai Maksimal ADC}} \times (\text{Tegangan Input}) \quad (2)$$

Sedangkan untuk mengetahui nilai hambatan air yang sedang diukur ketinggiannya menggunakan rumus :

$$V_{out} \times (R_2 + R_1) = V_{in} \times R_2 \quad (3)$$

Keterangan :

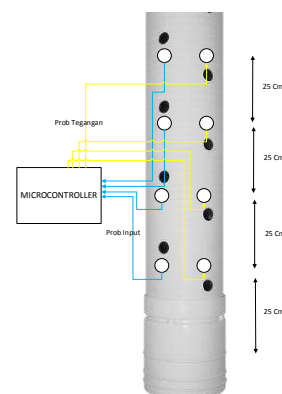
Vout = Tegangan keluaran

R1 = Nilai Hambatan air

R2 = Nilai Hambatan resistor

Vin = Tegangan yang masuk

Pemasangan sensor water level dilakukan dengan dilakukannya memasang sekrup yang berpasangan dengan 6 tingkat masing – masing tingkat sepasang sekrup terhubung dengan tegangan 5 volt dan input analog secara terpisah, perancangan sensor water level dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Perancangan Sensor Water Level

Gambar 10 merupakan gambar perancangan sensor water level yang diletakkan pada pipa yang terdapat banyak bolongan tujuan menggunakan pipa yang terdapat banyak bolongan yaitu agar air bisa

masuk kedalam pipa sehingga tinggi air yang didalam pipa bisa menyamai dengan air yang diluar pipa lalu sensor akan mendeteksi ketinggian air dengan menggunakan prob tegangan dan prob input, jarak antar ketinggian prob yaitu 25 cm.

Untuk algoritma penentuan ketinggian yaitu diawali dengan prob sensor water level membaca tegangan yang mengalir pada air dalam bentuk ADC, pada prob sensor water level terdapat 6 tingkat ketinggian, untuk penentuan ketinggian air menggunakan program dengan fungsi if else dengan batasan sebagai berikut :

#### Tingkat 0 (ketinggian 0 cm)

Jika seluruh tingkat prob nilai ADC nya dibawah 500 atau seluruh prob tidak tersentuh dengan air.

#### Tingkat 1 (ketinggian 25 cm)

Jika hanya prob tingkat 1 nilai ADC nya diatas 500 dan prob tingkat lainnya nilai ADC nya dibawah 500.

#### Tingkat 2 (ketinggian 50 cm)

Jika prob tingkat 1 sampai 2 nilai ADC nya diatas 500 dan prob tingkat lainnya nilai ADC nya dibawah 500.

#### Tingkat 3 (ketinggian 75 cm)

Jika prob tingkat 1 sampai 3 nilai ADC nya diatas 500 dan prob tingkat lainnya nilai ADC nya dibawah 500.

#### Tingkat 4 (ketinggian 100 cm)

Jika prob tingkat 1 sampai 4 nilai ADC nya diatas 500 dan prob tingkat lainnya nilai ADC nya dibawah 500.

#### Tingkat 5 (ketinggian 125 cm)

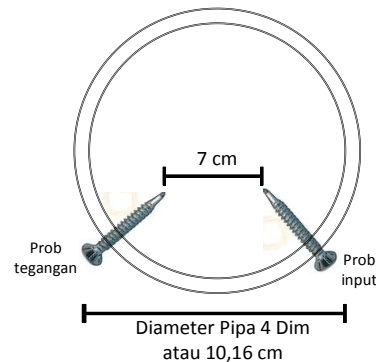
Jika prob tingkat 1 sampai 5 nilai ADC nya diatas 500 dan prob tingkat lainnya nilai ADC nya dibawah 500.

#### Tingkat 6 (ketinggian 150 cm)

Jika seluruh tingkat prob nilai ADC nya diatas 500 atau seluruh prob tersentuh dengan air yang terkumpul.

Sebagai contoh jika tingkatnya airnya naik lalu air tersebut mengenai prob tegangan dan prob input pada 1 tingkat maka nilai ADC yang terbaca yaitu diatas 500 maka dianggap nilai ketinggian air telah naik 1 tingkat, lalu seandainya tingkat air tersebut turun sehingga tidak menyentuh atau sedikit tersentuh dengan tetesan air pada prob tegangan dan input maka nilai ADC nya dibawah 500 akan

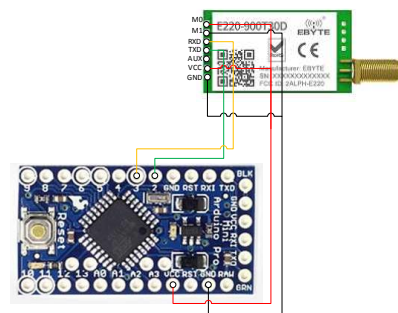
dianggap nilai ketinggian air tersebut turun 1 tingkat oleh sistem, sedangkan untuk pemasangan prob tegangan dan input dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 11. Jarak Prob Tegangan Dengan Prob Input

Gambar 11 yaitu terdapat 2 buah sekrup yang terdiri dari prob tegangan dan prob input yang ditancapkan ke pipa yang berdiameter 4 Dim atau 10,16 cm jarak antara prob tegangan dan input yaitu sebesar 7 cm.

Untuk perancangan wiring pada sistem LoRa sebagai pengirim yaitu dengan menghubungkan Arduino pro mini dengan LoRa berikut gambar wiring LoRa sebagai pengirim, dapat dilihat pada gambar 12.

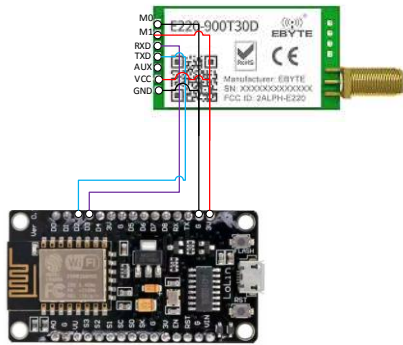


Gambar 12. Wiring LoRa sebagai Pengirim

Gambar 12 merupakan perancangan wiring LoRa Transmitter, sebelum LoRa digunakan maka LoRa harus disetting terlebih dahulu yaitu menkonfigurasi pada pin M0 dan M1 pada LoRa agar LoRa tersebut dapat mengirim data maka pin M0 dihubungkan ke VCC pada pin Arduino Pro Mini sedangkan M1 dihubungkan ke GND pada pin Arduino Pro Mini, Agar data dari Arduino Pro Mini dapat mengirim data melalui LoRa Transmitter maka pin TXD pada LoRa dihubungkan ke pin digital 2 sebagai RX sedangkan RXD dihubungkan ke pin digital 3 sebagai TX.

Untuk perancangan wiring pada sistem LoRa sebagai penerima yaitu dengan menghubungkan Arduino esp8266 dengan LoRa berikut gambar

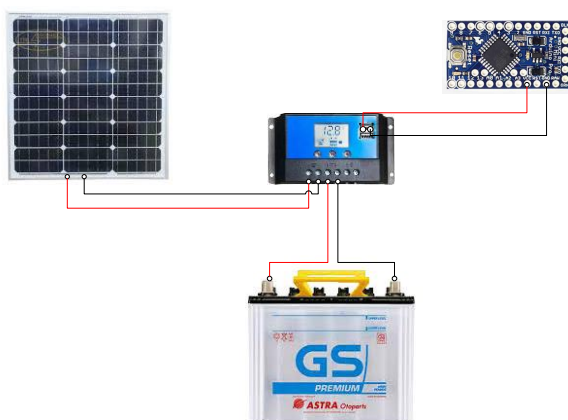
wiring LoRa sebagai penerima, dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Wiring LoRa sebagai Penerima

Gambar 13 merupakan gambar perancangan wiring ESP8266 dengan LoRa Receiver sebelum LoRa digunakan maka LoRa harus disetting terlebih dahulu yaitu menkonfigurasi pada pin M0 dan M1 pada LoRa agar LoRa tersebut dapat menerima data dari LoRa Transmitter maka pin M0 dihubungkan ke GND pada pin nodemcu ESP8266 sedangkan M1 dihubungkan ke VCC pada pin nodemcu ESP8266, Agar data dari nodemcu ESP8266 dapat menerima data melalui LoRa Receiver maka pin TXD pada LoRa dihubungkan ke pin D2 sebagai RX sedangkan RXD dihubungkan ke pin D3 sebagai TX.

Untuk perancangan wiring pada sistem *off grid* yaitu dengan menghubungkan Arduino pro mini dengan *solar charge controller* kemudian aki dan panel surya, dapat dilihat pada gambar 14.



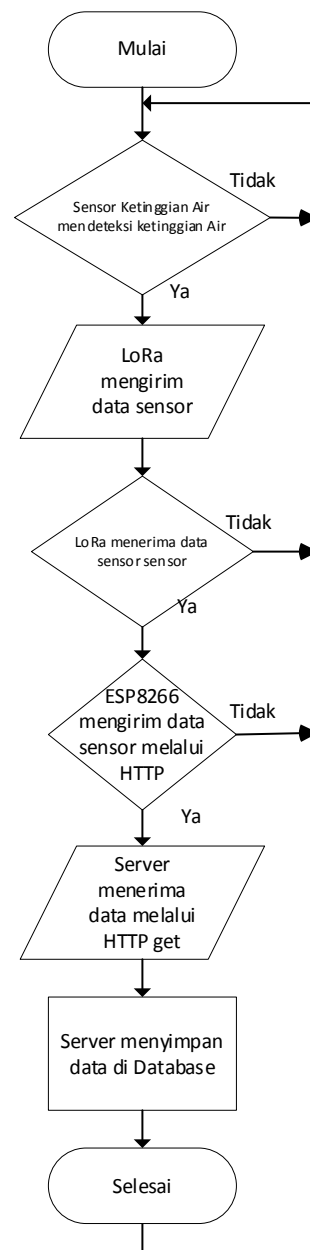
Gambar 14. Wiring Off Grid

Gambar 14 merupakan wiring *off grid* pada komponen yaitu *Solar Charge Controller* sebagai otak untuk mengendalikan daya yang berasal dari panel surya menuju ke dua output yaitu pengisian

daya pada aki dan daya untuk Arduino Pro Mini melalui colokan USB. Bila isi aki telah penuh maka Solar Charger Controller memutuskan arus listrik ke aki dan daya dari panel surya dialihkan menuju ke output lainnya.

#### D. Perancangan Perangkat Lunak

Diagram alur keseluruhan perangkat lunak pada perancangan sistem sensor water level menggunakan nirkabel dapat dilihat di gambar 15.



Gambar 15. Diagram Alur Perangkat Lunak

Berdasarkan diagram alur pada gambar 15 ketika Sistem tersebut dimulai maka Arduino Pro mini memerintahkan input analog yang terhubung dengan



rangkaian water level sensor untuk mengkonversi tegangan yang masuk pada input analog menjadi nilai ADC, setelah itu nilai data tersebut dikirimkan melalui LoRa transmitter, Setelah dikirim maka LoRa Receiver menerima data dari LoRa Transmitter dan data tersebut diterima oleh nodemcu ESP8266, lalu dikirimkan ke server melalui protokol HTTP pada jaringan internet, kemudian server menerima data menggunakan HTTP get melalui program PHP.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Pengujian Sensor Water level

Berikut hasil pengujian sensor water level dengan menggunakan prob tegangan dan input sebanyak 6 tingkat yang menyatakan sebagai tingkat ketinggian air, dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Water Level

Prob Senso r Water Level	Ketinggia n Air	Nilai AD C Prob 1	Nilai AD C Prob 2	Nilai AD C Prob 3	Nilai AD C Prob 4	Nilai AD C Prob 5	Nilai AD C Prob 6
1	25 cm	725	0	0	0	0	0
1	25 cm	753	0	0	0	0	0
2	50 cm	792	788	0	0	0	0
2	50 cm	781	771	0	0	0	0
3	75 cm	798	781	774	0	0	0
4	100 cm	801	782	784	771	0	0
5	125 cm	826	792	787	776	761	0
6	150 cm	823	801	794	783	773	743
6	150 cm	819	798	786	781	776	736
5	125 cm	831	769	798	765	742	0

Tabel 1 adalah tabel yang berisikan ketinggian air berdasarkan jumlah prob yang memiliki nilai ADC diatas 500 jika nilai nilai ADCnya diatas 500 maka akan dianggap prob tegangan dan prob input terhubung karena mengenai air, Alasan mengapa nilai ADC dibatas 500 karena dari air sungai, bendungan, air sawah, air kota, air sumur memiliki nilai ADC rata rata diatas 500. Jika semakin banyak prob yang terhubung oleh air maka nilai ketinggian air semakin tinggi.

#### B. Hasil Pengujian LoRa

Berikut hasil pengujian LoRa dengan mengkoneksikan komunikasi LoRa sebagai pengirim dengan penerima yang kemudian akan

dihitung setiap paket data yang masuk pada jarak – jarak tertentu, dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Paket Data LoRa

Jarak jangkauan LoRa	Jumlah Paket Data Yang Dikirim	Jumlah Paket Data Yang Diterima
100 Meter	200	200
200 Meter	200	196
300 Meter	200	190
400 Meter	200	184
500 Meter	200	170
600 Meter	200	152
700 Meter	200	142
800 Meter	200	138
900 Meter	200	134
1000 Meter	200	96
1100 Meter	200	52
1200 Meter	200	28
1300 Meter	200	-
1400 Meter	200	-
1500 Meter	200	-

Tabel 2 menunjukkan berapa banyak data yang diterima dengan jarak tertentu ,untuk data yang dikirimkan totalnya yaitu 200 paket data lalu diujikan dengan menggunakan LoRa yang telah dikonfigurasi sebagai penerima, pada jarak 100 meter LoRa dapat menerima semua paket data jika semakin jauh jaraknya maka jumlah paket data yang diterima akan semakin sedikit. Pada jarak diatas 1200 meter paket data yang dikirimkan tidak dapat diterima oleh LoRa penerima.

Untuk mengetahui persentase keberhasilan data terkirim ke LoRa sebagai penerima maka menggunakan rumus :

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Jumlah Paket Data Yang Masuk}}{\text{Jumlah Maksimal Data Ditentukan}} \times 100\% \quad (4)$$

Maka untuk hasil perhitungan dalam bentuk tabel, dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Persentase LoRa

Jarak Jangkauan LoRa	Status Terhubung Lora	Persentase
100 Meter	Terhubung	100%
200 Meter	Terhubung	98%
300 Meter	Terhubung	95%
400 Meter	Terhubung	92%
500 Meter	Terhubung	85%
600 Meter	Terhubung	76%
700 Meter	Terhubung	71%
800 Meter	Terhubung	69%
900 Meter	Terhubung	67%
1000 Meter	Terhubung	48%
1100 Meter	Terhubung	26%
1200 Meter	Terhubung	14%
1300 Meter	Tidak Terhubung	-
1400 Meter	Tidak Terhubung	-
1500 Meter	Tidak Terhubung	-

Pada tabel 3 maksimal data saat pengujian koneksi LoRa yaitu menggunakan 200 data dalam waktu 20 detik untuk mengirim data ke LoRa penerima contohnya jika data masuk yang didapatkan sebesar 120 paket data yang masuk ke penerima maka hasil yang diperoleh yaitu 120 paket data lalu dibagi dengan 200 yaitu maksimal data yang telah ditentukan selama pengujian dan hasilnya yaitu 0,6 setelah itu dikalikan 100% sehingga mendapatkan hasil sebesar 60% , sedangkan bila tidak mendapatkan paket data yang masuk maka akan dianggap tidak terhubung. Untuk Metode pemrograman untuk pengujian tersebut menggunakan metode loop for tujuannya agar paket data yang dikirim dapat diatur jumlahnya.

Berdasarkan hasil data yang telah diberikan, dari tabel 3 menunjukkan kemampuan koneksi yang terhubung hingga jarak 1,1 Km. Pada jarak 100 meter hingga 1100 meter, status terhubung tercatat dengan konsisten, yang menunjukkan bahwa modul LoRa mampu menjaga

komunikasi yang stabil dalam rentang jarak tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa pada jarak-jarak ini, sinyal LoRa cukup kuat dan mampu menjangkau dengan baik, kemungkinan karena faktor-faktor seperti pengaturan daya transmisi yang tepat, penggunaan antena yang efisien, serta lingkungan yang relatif terbuka tanpa banyak penghalang fisik. Namun, pada jarak lebih dari 1200 meter, mulai muncul masalah dengan koneksi yang tidak terhubung, dan ini semakin parah pada jarak 1300 meter hingga 1500 meter. Penyebab dari hilangnya koneksi pada jarak jauh ini mungkin disebabkan oleh melemahnya sinyal seiring dengan peningkatan jarak, atau adanya penghalang fisik seperti bangunan atau medan berbukit yang menghalangi jalur komunikasi. Selain itu, pengaturan spreading factor yang lebih tinggi untuk meningkatkan jangkauan dapat mempengaruhi kestabilan koneksi pada jarak yang lebih jauh. Secara keseluruhan, meskipun LoRa mampu terhubung dengan baik hingga jarak 1.1 km, untuk jarak lebih dari itu, koneksi menjadi tidak stabil dan memerlukan penyesuaian atau penguatan sinyal agar dapat berfungsi dengan optimal, sedangkan jarak koneksi yang stabil yaitu hingga 500 meter dengan persentase 85%.

### C. Hasil Pengujian Panel Surya

Pengujian panel surya bertujuan untuk mengetahui seberapa besar daya, tegangan, dan arus listrik yang didapatkan pada jam – jam tertentu, hasil pengujian panel surya dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Panel Surya

No	Jam	Tegangan (Volt)	Arus (A)	Daya	Keterangan
1	07.00	11,80	0,600	7,08	Cerah
2	07.30	11,85	0,601	7,12	Cerah
3	08.00	12,25	0,604	7,40	Cerah
4	08.30	12,43	0,605	7,52	Cerah
5	09.00	13,20	0,645	8,51	Cerah
6	09.30	13,20	0,592	7,81	Cerah
7	10.00	13,10	0,659	8,63	Cerah
8	10.30	13,30	0,631	8,39	Cerah
9	11.00	13,20	0,645	8,51	Cerah
10	11.30	13,10	0,640	8,39	Cerah
11	12.00	13,30	0,640	8,51	Cerah
12	12.30	13,10	0,640	8,39	Cerah

13	13.00	13,20	0,645	8,51	Cerah
14	13.30	12,20	0,607	7,40	Cerah
15	14.00	12,60	0,603	7,60	Cerah
16	14.30	12,58	0,603	7,58	Cerah
17	15.00	12,30	0,611	7,51	Mendung
18	15.30	11,60	0,610	7,08	Mendung
19	16.00	11,50	0,615	7,07	Mendung
20	16.30	11,40	0,618	7,04	Mendung
21	17.00	11,30	0,521	5,89	Mendung

Berdasarkan data yang tercatat di tabel 4, terdapat pola yang jelas antara kondisi cuaca, tegangan, dan arus pada sistem yang diukur. Pada pagi hari hingga siang (07:00 hingga 14:30), dengan kondisi cuaca cerah, baik tegangan maupun arus menunjukkan kecenderungan meningkat. Tegangan mulai dari 11,80 Volt pada 07:00 meningkat secara bertahap mencapai puncaknya di 13,32 Volt pada 12:00, sementara arus juga menunjukkan peningkatan yang signifikan, mencapai 2,90 A pada 12:00. Hal ini menunjukkan bahwa sistem berfungsi optimal pada periode tersebut, kemungkinan besar karena adanya sinar matahari yang cukup untuk mendukung kinerja perangkat, seperti panel surya atau sistem yang bergantung pada sumber energi terbarukan lainnya. Namun, setelah pukul 13:00, meskipun tegangan relatif stabil, arus mulai menurun, yang bisa disebabkan oleh berkurangnya konsumsi daya atau perubahan dalam kondisi sistem.

Mulai pukul 15:00, kondisi cuaca berubah menjadi mendung, yang langsung berdampak pada penurunan baik tegangan maupun arus. Pada pukul 17:00, tegangan turun menjadi 11,30 Volt dan arus mencapai titik terendah di 0,40 A, mencerminkan penurunan kinerja sistem seiring berkurangnya intensitas cahaya matahari. Penurunan ini menunjukkan bahwa sistem tersebut, yang tampaknya bergantung pada sumber energi terbarukan, berfungsi lebih baik dalam kondisi cerah dan mengalami penurunan kinerja yang signifikan saat cuaca mendung. Dengan demikian, data ini menggambarkan ketergantungan sistem terhadap kondisi cuaca, terutama cahaya matahari, untuk menghasilkan energi atau mendukung beban daya yang lebih tinggi.

#### D. Hasil Pengujian Database

Seperti yang dijelaskan pada perancangan perangkat lunak data sensor water level yang telah

diterima esp8266 akan dikirim ke database melalui jaringan internet dengan protokol HTTP, tujuan dibuatnya database agar operator atau pengguna dapat mengetahui jejak ketinggian air pada waktu – waktu sebelumnya sehingga operator atau pengguna dapat mengetahui potensi kedatangan banjir diwaktu setelahnya, berikut hasil pengujian database melalui PHPMyAdmin, dapat dilihat pada gambar 16.

ID	Prob	Tinggi_Air	Satuan	Status	Waktu
1023	1	25	cm	Aman	2025-01-15 16:31:59
1025	2	50	cm	Aman	2025-01-15 16:32:02
1026	2	50	cm	Aman	2025-01-15 16:32:02
1028	2	50	cm	Aman	2025-01-15 16:32:05
1029	2	50	cm	Aman	2025-01-15 16:32:06
1030	2	50	cm	Aman	2025-01-15 16:32:07
1032	2	50	cm	Aman	2025-01-15 16:32:09
1033	2	50	cm	Aman	2025-01-15 16:32:10
1035	2	50	cm	Aman	2025-01-15 16:32:12
1036	2	50	cm	Aman	2025-01-15 16:32:13
1038	2	50	cm	Aman	2025-01-15 16:32:14
1039	3	75	cm	Siaga	2025-01-15 20:29:07
1042	3	75	cm	Siaga	2025-01-15 20:29:32
1056	3	75	cm	Siaga	2025-01-15 20:29:32
1063	4	100	cm	Siaga	2025-01-15 16:32:41
1068	4	100	cm	Siaga	2025-01-15 16:32:48

Gambar 16. Database PHPMyAdmin

Gambar 16 yaitu database yang berisikan data pemantauan ketinggian air yang direkam secara berkala. Setiap baris memiliki kolom ID sebagai identifikasi unik untuk setiap data, serta kolom Prob yang kemungkinan besar menunjukkan kode lokasi atau sensor tertentu. Tinggi air dicatat dalam kolom Tinggi Air dengan satuan cm, seperti yang dijelaskan dalam kolom Satuan. Berdasarkan tinggi air yang terukur, sistem menentukan status kondisi yang dicatat dalam kolom Status, seperti "Aman," "Siaga," atau "Bahaya." Seluruh data dilengkapi dengan informasi waktu pencatatan yang ditampilkan pada kolom Reg\_date, dalam format tanggal dan jam. Tabel ini berfungsi untuk memantau dan mengevaluasi kondisi ketinggian air secara real-time, yang dapat membantu dalam pengambilan keputusan untuk mitigasi bencana atau pengelolaan sumber daya air.

## 4. KESIMPULAN

1. Cara kerja sensor water level agar dapat mengukur ketinggian air yaitu ketika air yang diukur mengenai prob tegangan dan prob input maka nilai ketinggian air bertambah sehingga jika airnya semakin naik maka air mengenai prob tegangan dan prob input di tingkat berikutnya sehingga ketinggian air yang diukur semakin bertambah.

2. Tahapan pengiriman data ke client yaitu dimulainya dari arduino yang mengirim data sensor water level menggunakan LoRa sebagai pengirim lalu data tersebut diterima oleh esp8266 melalui LoRa sebagai penerima, Namun agar data dapat diterima oleh masyarakat maka data sensor water level dikirimkan ke server melalui jaringan internet dengan protokol komunikasi HTTP, ketika data diterima oleh server maka data tersebut disimpan di database dalam bentuk ketinggian air setelah itu client dapat melihat data ketinggian air dengan mengakses web.
3. Sistem Sensor Water Level menggunakan Nirkabel mampu mendeteksi ketinggian air secara real time dan mengirimkan data ke server dengan menggunakan protokol HTTP sehingga pengguna dapat memantau kondisi ketinggian air secara akurat dari jarak jauh melalui perangkat yang terhubung, seperti smartphone atau komputer, serta memungkinkan pengambilan tindakan cepat dalam situasi darurat seperti banjir. Sistem ini menampilkan hasil pembacaan sensor dengan 6 tingkatan dan mampu mentransmisikan data hingga jarak 1,1 km. Dengan kemampuan ini, sistem tersebut dapat menjadi alat yang efektif untuk mengurangi dampak banjir melalui sistem nirkabel yang dapat menyebarkan informasi kepada pengguna. Kedepannya, pengembangan dapat dilakukan dengan memperbanyak jumlah prob pada sensor water level untuk cakupan yang lebih luas.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Adi, "CHARACTERIZATION OF FLASH FLOOD DISASTER IN INDONESIA," 2013.
- [2] A. Muzakky, A. Nurhadi, A. Nurdiansyah, dan G. Wicaksana, "PERANCANGAN SISTEM DETEKSI BANJIR BERBASIS IoT," 2018.
- [3] L. Sebastian, "PENDEKATAN PENCEGAHAN DAN PENANGGULANGAN BANJIR".
- [4] P. S. P. Pranida dan R. J. Kodoatie, "KAJIAN KELAYAKAN MANAJEMEN BANJIR KOTA".
- [5] Mokh. S. Hadi, "IOT CLOUD DATA LOGGER UNTUK SISTEM PENDETEKSI DINI BENCANA BANJIR PADA PEMUKIMAN PENDUDUK TERINTEGRASI MEDIA SOSIAL," *J. Edukasi Elektro*, vol. 1, no. 2, Des 2017, doi: 10.21831/jee.v1i2.17416.
- [6] I. Z. Budiarmo, M. Cs, dan E. Nurraharjo, "SISTEM MONITORING TINGKAT KETINGGIAN AIR BENDUNGAN BEBAS MIKROKONTROLLER".
- [7] M. N. Gani, R. Hanifatunnisa, R. Hasanah, M. Yamin, dan D. S. Rohman, "Pemantauan kualitas air berbasis teknologi LoRa dengan metode Naïve Bayes," *JITEL J. Ilm. Telekomun. Elektron. Dan List. Tenaga*, vol. 4, no. 2, hlm. 145–154, Agu 2024, doi: 10.35313/jitel.v4.i2.2024.145-154.
- [8] A. K. Wardani, "Teknologi Deionisasi untuk Produksi Air Murni," 2015.
- [9] R. M. Syafii, M. Ikhwanus, dan M. Jannah, "DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM KEAMANAN LOCKER MENGGUNAKAN E-KTP BERBASIS ARDUINO PRO MINI," *J. Energi Elektr.*, vol. 7, no. 2, hlm. 24, Nov 2018, doi: 10.29103/jee.v7i2.1058.
- [10] G. Satria, D. S. Oktaria, I. S. Prodjodjowati, dan A. Y. Prasetyo, "PERANCANGAN PROTOTIPE EARLY WARNING SYSTEM BERBIAYA MURAH UNTUK PERLINTASAN SEBIDANG TANPA PENJAGAAN".
- [11] W. T. Pratama, S. Adi Wibowo, dan V. Nurlaily, "SISTEM MONITORING REMOTE PAVILIUN PADA PASIEN ISOLASI COVID-19 BERBASIS LoRa IoT - (Long Range Internet of Things)," *JATI J. Mhs. Tek. Inform.*, vol. 6, no. 1, hlm. 309–316, Mar 2022, doi: 10.36040/jati.v6i1.4614.
- [12] A. Bhawiyuga dan W. Yahya, "Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Budidaya Menggunakan Jaringan Sensor Nirkabel Berbasis Protokol LoRa," *J. Teknol. Inf. Dan Ilmu Komput.*, vol. 6, no. 1, hlm. 99–106, Jan 2019, doi: 10.25126/jtiik.2019611292.
- [13] Y. S. Parihar, "Internet of Things and Nodemcu," vol. 6, no. 6, 2019.
- [14] I. Dhamayanthie dan D. F. Solikha, "STUDI PENGELOLAAN LIMBAH AKI KERING DAN AKI BASAH (STUDI KASUS DI INDRAMAYU)," vol. 7, no. 1, 2023.
- [15] B. Dilla, B. Widi, S. Wilyanti, A. Jaenul, Z. M. Antono, dan A. Pangestu, "Implementasi Solar Charge Controller Untuk Pengisian Baterai Dengan Menggunakan Sumber Energi Hybrid Pada Sepeda Motor Listrik," *J. Edukasi Elektro*, vol. 6, no. 2, hlm. 128–135, Nov 2022, doi: 10.21831/jee.v6i2.53327.
- [16] D. Dzulfikar dan W. Broto, "OPTIMALISASI PEMANFAATAN ENERGI LISTRIK TENAGA SURYA SKALA RUMAH TANGGA," dalam *PROSIDING SEMINAR*

---

*NASIONAL FISIKA (E-JOURNAL) SNF2016*  
UNJ, Pendidikan Fisika dan Fisika FMIPA  
UNJ, 2016, hlm. SNF2016-ERE-73-SNF2016-  
ERE-76. doi: 10.21009/0305020614.