

## Rancang Bangun Prototype Sistem Monitoring Pendeteksi Dini Banjir Berbasis Short Message Service Menggunakan PLTS On Grid

*Novi Kurniasih<sup>1</sup>; Dewi Purnama Sari<sup>2</sup>; Dena Andika Rizka Firdaus<sup>3</sup>*

<sup>1, 2, 3</sup>Institut Teknologi PLN

<sup>1</sup> [novi@itpln.ac.id](mailto:novi@itpln.ac.id)

### ABSTRACT

*The slow handling of the flooding problem for people who live on riverbanks and densely populated areas in urban areas due to the lack of preliminary information obtained by the local community, causing huge losses both morally, materially, and even causing fatalities. Based on these problems, a prototype monitoring system for flooding early detection was made with the aim that it can be used as a means of information whose data can be accessed through notifications in the form of short message services (SMS) in real-time. In making this research, data collection was carried out in the form of water level data that had occurred at the location of the flood and then made the system design and implementation of that system by conducting trials in the field. This early flood detection system works by monitoring the water level using a level control system. This water level monitoring uses an ultrasonic sensor that is controlled using an Arduino Uno microcontroller. Data information about the water level is forwarded to the GSM module in the form of a notification message of SMS to the public. For the working of this prototype device in the design, the author uses an electrical power supply from renewable energy in the form of an On-Grid PLTS system. The results obtained from this research are for normal status the water level is at 5-50 cm, for alert status is 55-85 cm and for danger, status is 90-100 cm.*

**Keywords:** *Water Level, Ultrasonic Sensor, Arduino Uno Microcontroller, GSM Module, On-Grid PLTS System*

### ABSTRAK

*Lambatnya penanganan masalah banjir bagi masyarakat yang tinggal di daerah bantaran pinggir sungai maupun kawasan padat penduduk yang berada di perkotaan dikarenakan kurangnya informasi awal yang diperoleh oleh masyarakat setempat sehingga menyebabkan kerugian yang sangat besar baik secara moral, materil bahkan sampai menimbulkan korban jiwa. Berdasarkan permasalahan tersebut maka dibuat suatu prototype sistem monitoring pendeteksi dini banjir dengan tujuan dapat digunakan sebagai sarana informasi yang datanya dapat diakses melalui notifikasi berupa short message service (SMS) secara real time. Dalam membuat penelitian ini dilakukan pengumpulan data berupa data level ketinggian air yang pernah terjadi di lokasi banjir kemudian membuat perancangan sistem serta pengimplementasian dari sistem yang dibuat dengan melakukan uji coba di lapangan. Sistem pendeteksi dini banjir ini bekerja dengan cara memantau level ketinggian air menggunakan sistem level control. Pemantauan level ketinggian air ini menggunakan sensor ultrasonik yang dikontrol menggunakan mikrokontroler arduino uno. Informasi berupa data-data mengenai level ketinggian air ini diteruskan ke modul GSM berupa pesan notifikasi dalam bentuk SMS kepada masyarakat. Untuk bekerjanya perangkat prototype ini dalam rancangannya penulis menggunakan suplai daya listrik dari renewable energy berupa sistem PLTS On Grid. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu bahwa untuk status normal level ketinggian air berada pada angka 5-50 cm, untuk status siaga berada pada angka 55-85 cm dan untuk status bahaya berada pada angka 90-100 cm.*

**Kata kunci:** *Level Ketinggian Air, Sensor Ultrasonik, Mikrokontroler Arduino Uno, Modul GSM, Sistem PLTS On Grid*

## 1. PENDAHULUAN

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang timbul akibat ulah masyarakat yang tidak menghargai lingkungan alam sekitarnya. Bencana banjir ini sering melanda masyarakat yang tinggal di daerah bantaran pinggir sungai maupun di daerah perkotaan yang padat penduduknya. Dimana penanganannya sampai saat ini belum dapat ditindak secara cepat sehingga sering merugikan masyarakat baik secara moral maupun materil dan bahkan sampai menimbulkan banyak korban jiwa[9]. Terlebih lagi apabila terjadi pada waktu yang tidak tepat dan tanpa persiapan apapun. Banyaknya korban yang timbul akibat bencana banjir ini disebabkan oleh beberapa faktor. Salah satu dari faktor tersebut adalah kurangnya informasi berupa pemberitahuan awal kepada masyarakat akan adanya bencana banjir yang melanda. Informasi yang terlambat diterima oleh masyarakat juga menjadi salah satu faktor yang menyebabkan banyaknya kerugian dari bencana air bah ini. Umumnya peringatan hanya berasal dari petugas dinas terkait yang menjadi satu-satunya acuan masyarakat tentang informasi potensi banjir yang akan terjadi. Sayangnya dalam hal ini sistem yang sering dipakai oleh petugas dinas terkait masih sangat sederhana. Sistem yang dipakai biasanya menggunakan alat ukur seperti penggaris yang ditempel di sisi tepi sungai atau sisi pintu bendungan dengan tujuan untuk mengetahui berapa ketinggian level permukaan air sungai. Cara ini memiliki kelemahan karena dapat menyulitkan petugas dinas terkait dalam melakukan pemantauan ketinggian level permukaan air. Sebab dengan cara-cara seperti itu menuntut petugas selalu kontinu mengamati garis batas. Bisa dibayangkan hal ini tidak efektif dan efisien untuk dijalankan.

Dengan dilatarbelakangi dari permasalahan-permasalahan di atas maka penulis berpikir untuk membuat sebuah sistem pendeteksi dini banjir yang dapat bekerja secara otomatis memberikan informasi awal tentang akan adanya banjir kepada masyarakat. Adapun sistem kerja dari alat pendeteksi dini banjir ini yaitu memantau level ketinggian air menggunakan sistem level *control*. Penelitian ini akan mengkolaborasikan perangkat pendeteksi dini banjir dengan sistem notifikasi berupa *short message service* (SMS) yang terdapat pada perangkat telepon selular sebagai media penyampaian informasi kepada masyarakat.

Pemilihan notifikasi ini dikarenakan maraknya penggunaan telepon selular di lingkungan kehidupan masyarakat. Selain itu melalui penggunaan fitur SMS ini masyarakat juga akan dapat mengakses informasi ketinggian air pada daerah rawan banjir, sehingga bisa menjadi informasi tambahan untuk dapat mempersiapkan diri lebih cepat dan lebih awal, dengan demikian dapat meminimalisir timbulnya kerugian materi dan korban jiwa yang tidak diinginkan. Sistem pendeteksi dini banjir ini sudah pernah dibahas oleh para peneliti terdahulu dengan memanfaatkan kemajuan teknologi yang semakin canggih. Bedanya dengan penelitian yang diangkat oleh penulis dalam penelitian ini yaitu dimana untuk bisa bekerjanya perangkat pendeteksi dini banjir ini penulis menggunakan suplai daya listrik dari *renewable energy* berupa sistem PLTS *On Grid*. Permasalahan penanggulangan banjir sejak dini dengan menggunakan kemajuan dan kecanggihan teknologi dalam beberapa tahun belakangan ini sudah banyak dimanfaatkan oleh para peneliti untuk membuat sebuah sistem pendeteksi dini banjir. Teknologi yang dimaksud yaitu berupa sistem monitoring untuk mendeteksi dini banjir dengan menggunakan arduino dan antarmuka *website* yaitu berupa alat yang dapat memberikan informasi ketinggian air untuk melihat potensi terjadinya banjir[1]. Sistem ini menggunakan sensor ultrasonic HC-SR04 yang berfungsi sebagai alat untuk mengukur ketinggian air. Sistem yang dibuat juga dapat memberikan peringatan tentang status level ketinggian air pada saat siaga, waspada dan bahaya yang akan mengirimkan pesan melalui SMS *gateway* menggunakan SIM800L. SIM800L akan mengirimkan pesan peringatan ke nomor ponsel yang berbeda. Sistem ini juga terintegrasi dengan media sosial *Facebook* menggunakan API (*Application Programming Interface*) dengan nama *simonjir*, kemudian pesan

peringatan banjir dikirim ke halaman Ant. Dengan menggunakan bot simonjir, telegram akan mengirimkan pesan peringatan banjir ke *channel* info banjir. Penggunaan *website* di sini untuk informasi pengguna dengan menampilkan grafik ketinggian air, info cuaca dan *gauge* ketinggian air, serta data rata-rata ketinggian air per jam yang dapat di cetak dalam bentuk file pdf.

Pemilihan notifikasi berbasis android sebagai media penyampaian informasi pendeteksi dini banjir kepada masyarakat merupakan salah satu sistem monitoring pendeteksi dini banjir yang dapat dimanfaatkan dengan cara mengkolaborasikannya dengan perangkat pendeteksi banjir[2]. Pemilihan notifikasi berbasis android ini dikarenakan maraknya penggunaan perangkat telepon pintar berbasis android di kalangan masyarakat saat ini. Dengan memanfaatkan notifikasi berbasis android ini, masyarakat juga dapat mengakses informasi ketinggian air pada daerah rawan banjir, sehingga bisa menjadi informasi tambahan untuk dapat mempersiapkan diri lebih cepat untuk mengurangi kerugian materi dan korban jiwa yang tidak diinginkan. Perangkat pendeteksi banjir akan menggunakan sensor ultrasonic yang berfungsi mengukur ketinggian air secara otomatis. Sensor ini akan dikendalikan langsung melalui mikrokontroler[10]. Untuk pengiriman notifikasi, mikrokontroler akan terhubung ke komputer yang terkoneksi dengan internet. Proses komunikasi data antara mikrokontroler dengan komputer dilakukan melalui perantara kabel jaringan. Mikrokontroler akan menggunakan modul *ethernet shield* untuk dapat terhubung ke komputer melalui kabel jaringan. Melalui komputer, data ketinggian air tersebut akan disimpan ke *database online* untuk dapat dibaca oleh masyarakat melalui aplikasi yang terdapat di android. Pada kondisi tertentu, apabila kondisi air berada pada level yang tidak normal, maka akan dilakukan pengiriman informasi kepada masyarakat dalam bentuk notifikasi ke perangkat android yang dimiliki.

Penerapan sistem pendeteksi dini banjir tidak saja sebatas mengontrol level ketinggian air, tetapi dengan memanfaatkan inovasi teknologi berupa *Internet of Thing* (IoT), sistem pendeteksi dini banjir dapat juga dikembangkan untuk memproteksi rumah ketika terjadinya banjir, terutama untuk memutus arus listrik saat terjadinya banjir[4]. Sistem pendeteksi dini banjir berbasis IoT ini bekerja dengan otomatis dan realtime untuk mengetahui ketinggian permukaan air di rumah. Untuk memantau ketinggian permukaan air maka digunakan sensor ultrasonik berbasis arduino nano dan modul mikrokontroler ESP 8266 untuk data *logging* di thingspeak.com, yang akan mengetahui ketinggian permukaan air yang dibuat pada level-level tertentu dan apabila sensor mendeteksi bahaya maka alat akan memutus arus listrik dan mengirim status *twitter* agar pemilik rumah tahu akan status rumahnya. Pemanfaatan teknologi IoT pada sistem pendeteksi dini banjir ini dapat membantu masyarakat agar lebih siap saat air meluap dengan cepat, sehingga akan mempercepat pembacaan kondisi, dan pengambilan tindakan ketika ketinggian air telah berada pada level siaga banjir, level waspada hingga pada level bahaya. Sistem pendeteksi dini banjir berbasis IoT ini mempergunakan kamera untuk memantau keadaan rumah yang dilengkapi dengan gimbal yang dapat diatur posisinya dengan mempergunakan perangkat smartphone yang sudah dilengkapi sensor accelerometer. Dengan memanfaatkan teknologi IoT untuk mengimplementasikan dan mengadopsi sistem proteksi dini ini sehingga diharapkan tidak terjadi korsleting listrik pada saat banjir dan dapat membantu pemilik rumah membaca percepatan air sehingga bisa dibaca kondisinya apakah berpotensi banjir atau tidak untuk pemantauan secara *real time*.

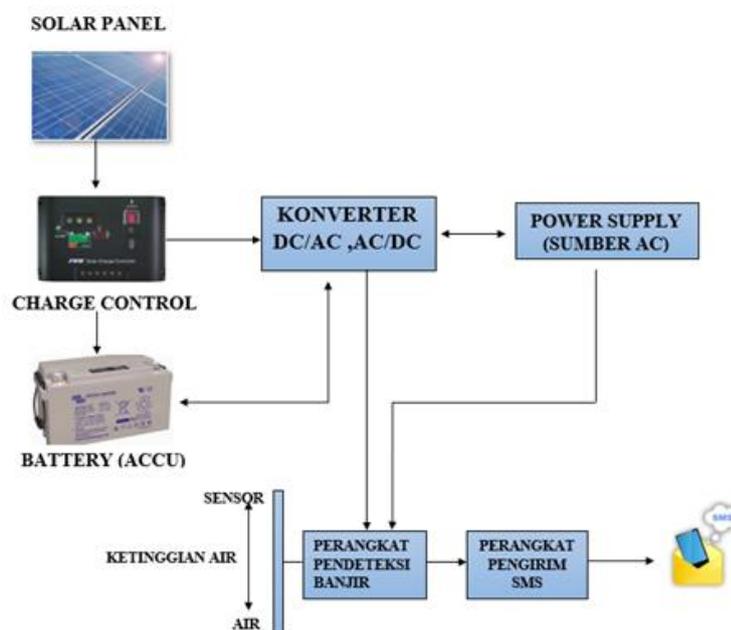
Dengan adanya perkembangan teknologi pada sistem monitoring pendeteksi dini banjir maka sistem peringatan dini banjir dapat lebih dikembangkan lagi dengan melibatkan informasi tentang keadaan cuaca. Informasi data cuaca dan prediksi akan potensi banjir dapat diakses secara *real time* dan *up to date* dimanapun dan kapanpun melalui *webpage online* dengan melibatkan *variable* curah hujan, suhu, kelembaban, arah angin dan kecepatan angin. Untuk menentukan prediksi potensi banjir maka digunakan data mining. Data mining merupakan historis kejadian yang

pernah terjadi sebelumnya, dimana data diambil dari BMKG serta diolah dengan menggunakan metoda algoritma C4.5 sehingga menghasilkan *decision tree*, apakah berpotensi banjir atau tidak. Dalam sistem peringatan dini banjir ini, proses pengiriman dan penerimaan data menggunakan XBee S2PRO dengan topologi *mesh* yang terdiri dari komponen sensor berupa curah hujan, SHT11, arah angin, kecepatan angin dan arduino. Untuk pengiriman data sendiri menggunakan *Wireless Sensor Network* (WSN) sedangkan penyimpanan data dan pengolahan informasi menggunakan Raspberry Pi sebagai *web server* untuk pemrosesan dari *Early Warning System* (EWS)[5].

## 2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

### 2.1. Rancangan Penelitian

Tahap awal riset kenapa dilakukannya penelitian ini yaitu untuk membantu mengurangi penderitaan dan permasalahan yang dihadapi oleh masyarakat karena adanya bencana banjir ini. Dengan mengumpulkan data-data penelitian serta menyiapkan alat dan bahan maka dapat dibuat sebuah alat monitoring peringatan dini banjir. Pada bagian rancangan penelitian dijelaskan cara kerja dari rancang bangun *prototype* sistem monitoring pendeteksi dini banjir berbasis SMS menggunakan PLTS *On grid*, dimana dalam rancangan ini diawali dengan pembuatan *prototypenya* dari perangkat pendeteksi dini banjir. Agar bisa bekerjanya perangkat pendeteksi dini banjir ini maka perangkat ini dihubungkan dengan 2 sumber listrik yang dihibridkan. Sumber listrik yang pertama berasal dari modul surya dan yang kedua berasal dari sumber listrik PLN 220 V AC. Berikut adalah alur sistem dari penelitian ini yang dapat diamati pada gambar berikut.

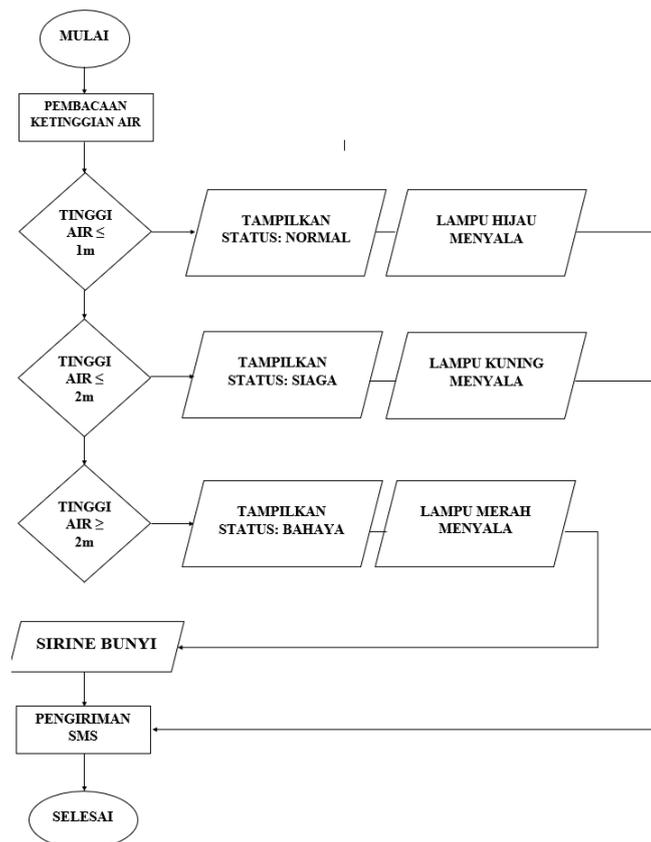


**Gambar 1.** Alur Sistem

Adapun cara kerjanya yaitu dengan mengintegrasikan antara modul surya dengan sumber listrik PLN atau lebih dikenal dengan sistem PLTS *On Grid*[3] yang kemudian dihubungkan dengan perangkat pendeteksi dini banjir. Perangkat pendeteksi dini banjir ini dilengkapi dengan sensor ultrasonik, dimana sensor inilah yang bekerja membaca ketinggian level air sungai. Selanjutnya informasi berupa ketinggian level air sungai tersebut diteruskan ke modul GSM SIM

900L untuk dikirimkan sebagai informasi ke masyarakat melalui aplikasi SMS pada *handphone*. Bekerjanya perangkat pendeteksi dini banjir ini dikendalikan oleh mikrokontroler arduino uno R3. Pada sistem monitoring pendeteksi dini banjir ini, apabila modul surya tidak bisa memberikan *supply* daya listrik secara langsung karena kondisi alam di sekitarnya maka bisa diperoleh dari *battery* (aki) sebagai *storage*.

## 2.2. Diagram Alir Program Arduino



Gambar 2. Diagram Alir Program Arduino

## 2.3. Bahan dan Alat

Untuk dapat membuat perangkat pendeteksi banjir ini dibutuhkan beberapa alat dan bahan pendukung. Berikut beberapa alat dan bahan yang dibutuhkan mulai dari bahan utama sampai kepada bahan pendukung.

1. Sensor Ultrasonik
2. Mikrokontroler Arduino Uno R3
3. Modul GSM SIM 900L
4. Modul Surya *Polycrystalline* 100 Wp
5. Konverter AC-DC, DC-AC
6. *Battery*
7. ATS

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun rancang bangun *prototype* sistem monitoring pendeteksi dini banjir berbasis *Short Message Service* menggunakan PLTS *On Grid* yang telah dibuat adalah sebagai berikut.



```
pinMode(lampunormal, OUTPUT);
pinMode(sirinebahaya, OUTPUT);

Serial.begin(9600);
SIM900.begin(19200);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.backlight();
lcd.print("FLODEC"); //INDIKATOR BAHAYA AWAS SIAGA AMAN
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("IT-PLN");
delay(1000);
lcd.clear();

}

void loop() {

    digitalWrite(lampubahaya, LOW);
    delayMicroseconds(8);
    digitalWrite(lampusiaga, LOW);
    delayMicroseconds(8);
    digitalWrite(lampunormal, LOW);
    delayMicroseconds(8);
    digitalWrite(sirinebahaya, LOW);
    delayMicroseconds(8);
    digitalWrite(trig, LOW);
    delayMicroseconds(8);
    digitalWrite(trig, HIGH);
    delayMicroseconds(8);
    digitalWrite(trig, LOW);
    delayMicroseconds(8);

    //hitung suhu sekitar PV
    suhu1 = ambilSuhu();
    Serial.print("SUHU PV \n");
    Serial.println(suhu1);
    Serial.print("\n");

    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.backlight();
    lcd.print(" SUHU (C)");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(suhu1);
    delay(2000);
    float cahaya1= analogRead(cahaya)* (5.0 / 1023.0);
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Tegangan LDR");
    lcd.setCursor(6,1);
    lcd.print(cahaya1); //semakin besar tegangan LDR maka menjadi indikator bahwa semakin tinggi
```

```
intensitas cahaya
delay(1000);

//perhitungan jarak sensor ultrasonik
durasi=pulseIn(echo, HIGH);
jarak=(durasi / 2) / 29.1;
jarakfix=100-jarak; //JARAK DALAM CM

if(jarakfix<31){
  Serial.println(jarakfix);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.backlight();
  lcd.print(" AMAN"); //INDIKATOR BAHAYA AWAS SIAGA AMAN
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(jarakfix);
  digitalWrite(lampunormal, HIGH);
  delayMicroseconds(8);
  //sendSMSaman();

}
else if(jarakfix<60&&jarakfix>30){

  Serial.println(jarakfix);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("SIAGA"); //INDIKATOR BAHAYA AWAS SIAGA AMAN
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(jarakfix);
  digitalWrite(lampusiaga, HIGH);
  delayMicroseconds(8);
  sendSMSsiaga();
}
else if(jarakfix>59){
  Serial.println(jarakfix);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("BAHAYA"); //INDIKATOR BAHAYA AWAS SIAGA AMAN
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(jarakfix);
  digitalWrite(lampubahaya, HIGH);
  delayMicroseconds(8);
  digitalWrite(sirinebahaya, HIGH);
  delayMicroseconds(8);
  sendSMSbahaya();
}

delay(1000);

}
```

---

//DIBAWAH SINI KODINGAN BAGIAN PENGIRIMAN SMS

```
void sendSMSbahaya() {

    SIM900.print("AT+CMGF=1\r");
    delay(100);
    SIM900.println("AT + CMGS = \"+628*****\"); //masukan no hp pengguna.
    delay(100);
    SIM900.println("BAHAYA || KETINGGIAN AIR(CM)");
    SIM900.println(jarakfix);
    delay(100);
    SIM900.println((char)26);
    delay(100);
    SIM900.println();
    delay(5000);
    SIM900.println("AT + CMGS = \"+628*****\"); //masukan no hp pengguna

    delay(100);
    SIM900.println("BAHAYA || KETINGGIAN AIR(CM)");
    SIM900.println(jarakfix);
    delay(100);
    SIM900.println((char)26);
    delay(100);
    SIM900.println();
    delay(5000);

}

void sendSMSsiaga() {

    SIM900.print("AT+CMGF=1\r");
    delay(100);
    SIM900.println("AT + CMGS = \"+628*****\"); //masukan no hp pengguna
    delay(100);
    SIM900.println("SIAGA || KETINGGIAN AIR(CM)");
    SIM900.println(jarakfix);
    delay(100);
    SIM900.println((char)26);
    delay(100);
    SIM900.println();
    delay(5000);
    SIM900.println("AT + CMGS = \"+628*****\"); //masukan no hp pengguna
    delay(100);
    SIM900.println("BAHAYA || KETINGGIAN AIR(CM)");
    SIM900.println(jarakfix);
    delay(100);
    SIM900.println((char)26);
    delay(100);
```

```
SIM900.println();
delay(5000);

}

float ambilSuhu()
{

    sensorSuhu.requestTemperatures();
    float suhu = sensorSuhu.getTempCByIndex(0);
    return suhu;

}
```

Adapun hasil dari uji coba *prototype* sistem monitoring pendeteksi dini banjir ini dapat dilihat dalam tabel berikut.

**Tabel 1.** Hasil Uji Coba Sistem Monitoring Pendeteksi Dini Banjir

No	Ketinggian Air (cm)	Lampu Indikator	Buzzer	Status
1	5	Biru	Off	Normal
2	10	Biru	Off	Normal
3	15	Biru	Off	Normal
4	20	Biru	Off	Normal
5	25	Biru	Off	Normal
6	30	Biru	Off	Normal
7	35	Biru	Off	Normal
8	40	Biru	Off	Normal
9	45	Biru	Off	Normal
10	50	Kuning	Off	Normal
11	55	Kuning	Off	Siaga
12	60	Kuning	Off	Siaga
13	65	Kuning	Off	Siaga
14	70	Kuning	Off	Siaga
15	75	Kuning	On	Siaga
16	80	Kuning	On	Siaga
17	85	Kuning	On	Siaga

Dari tabel di atas terlihat bahwa, level aman (normal) berada pada ketinggian air 5-50 cm sedangkan level siaga berada pada ketinggian air mencapai 55-85 cm dan level bahaya berada pada ketinggian air mencapai 90-100 cm.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### Kesimpulan

Dengan dibuatnya *prototype* sistem monitoring pendeteksi dini banjir ini dapat membantu warga masyarakat yang tinggal di bantaran sungai untuk terhindar dari bahaya banjir dengan mengetahui informasi akan banjir yang datang melanda sedini mungkin.

##### Saran

Sistem monitoring pendeteksi dini banjir ini kedepannya masih bisa dikembangkan dengan menggunakan teknologi yang lebih modern seperti IoT.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Institut Teknologi PLN yang telah memberi dukungan melalui bantuan dana hibah penelitian internal sehingga penulis bisa melaksanakan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Kurniawan, D. Triyanto, and I. Nirmala, "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi dan Monitoring Banjir Menggunakan Arduino dan Website," *Jurnal Coding Sistem Komputer Untan*, vol. 7, no. 1, pp. 11-22, 2019.
- [2] Haryansyah and O. Herodion Simung, "Aplikasi Notifikasi Peringatan Bahaya Banjir Pada Sistem Operasi Android Menggunakan Firebase Cloud Messaging," in *Proceedings on Conference Electrical Engineering Telematics, Industrial Technology and Creative Media (CENTIVE 2018)*, Purwokerto, August 2018, pp. 125-130.
- [3] D. Purnama Sari, N. Kurniasih, and A. Yogiarto, "Kajian Perencanaan PLTS Terhubung ke Grid Untuk Melayani Suplai Daya Listrik Di Menara STT-PLN," *Jurnal Ilmiah SUTET*, vol. 8, no. 1, pp. 13-20, January-June 2018, doi: <https://doi.org/10.33322/sutet.v8i1.711>.
- [4] M. Sholihul Hadi, D. Alfian Tricahyo, D. Kurniawan Sandy, and F. Satrio Wibowo, "IoT Cloud Data Logger Untuk Sistem Pendeteksi Dini Bencana Banjir Pada Pemukiman Penduduk Terintegrasi Media Sosial," *Jurnal Edukasi Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 129-133, November 2017.
- [5] R. Putra, Zaini, E. Madona, and A. Nasution, "Desain dan Implementasi Peringatan Dini Banjir Menggunakan Data Mining dengan Wireless Sensor Network," *Jurnal Nasional Teknik Elektro Unand*, vol. 5, no. 2, pp. 181-191, July 2016.
- [6] D. Purnama Sari and R. Nazir, "Optimalisasi Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Diesel Generator – Photovoltaic Array Menggunakan HOMER (Studi Kasus: Desa Sirilogui, Kabupaten Kepulauan Mentawai)," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 1-12, March 2015.
- [7] N. Kurniasih and R. Nazir, "Analisis Mode Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Microhydro – Photovoltaic Array Menggunakan HOMER (Studi Kasus: Kampung Bayang Jariah, Kabupaten Pesisir Selatan)," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 30-40, March 2015.
- [8] B. Efendi, *Dasar Mikrokontroler Atmega 8535 dengan CAVR*, Edisi 1, Cetakan 1, Yogyakarta: Deepublish, September 2014.
- [9] I. Eka Mulyana and R. Kharisman, "Perancangan Alat Peringatan Dini Bahaya Banjir dengan Mikrokontroler Arduino Uno R3," *Citec Journal*, vol. 1, no. 3, pp. 171-182, May-July 2014.
- [10] Sumarno, B. Irawan, and Y. Brianorman, "Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir Berbasis

- Mikrokontroler Atmega 16 dengan Buzzer dan Short Message Service (SMS)," Jurnal Coding Sistem Komputer Untan, vol. 1, no. 1, pp. 30-39, 2013.
- [11] J. Ozer and H. Blemings, Practical Arduino : Cool Projects for Open Source Hardware, New York: Apress, 2009.
- [12] Handbook for Solar Photovoltaic (PV) Systems, Singapore: Energy Market Authority and Building and Construction Authority.