



Monitoring Banjir Berbasis Wireless Sensor Network

Abdul Jahir, Kuart Indartono*, Bagus Adhi Kusuma, Abdul Ghofur

Ilmu Komputer, Informatika, Universitas Amikom Purwokerto, Banyumas, Indonesia

Email: ¹abduljahir@amikompurwokerto.ac.id, ^{2,*}indartono@amikompurwokerto.ac.id,

³bagus@amikompurwokerto.ac.id, ⁴abdulghofur8799@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: indartono@amikompurwokerto.ac.id

Abstrak—Bencana banjir sering terjadi di wilayah Indonesia. Kabupaten Banyumas salah satu kabupaten yang sering mengalami banjir. Daerah dengan kategori rawan banjir adalah kecamatan Sumpiuh. Salah satu desa yang sering terjadi banjir adalah Desa Pandak. Kasus yang sering muncul ketika hujan lama dan setelah reda baru beberapa saat kemudian terjadi banjir. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan peringatan dini deteksi banjir kepada warga, sehingga kerugian materi dapat diminimalisir. Penelitian ini dilakukan dengan membuat perangkat monitoring banjir berbasis *Wireless Sensor Network (WSN)*. Perangkat terdiri dari *node sensor* dan *gateway* yang terhubung dengan topologi star. *Node sensor* dilengkapi dengan modul *Long Range (LoRa)* dan sensor laser, pada *gateway* dilengkapi dengan *LoRa*, *liquid crystal display (LCD)* dan *buzzer*. Hasil pengujian secara fungsional, perangkat bekerja dengan baik. Sensor laser dapat mengukur ketinggian air sampai 150 cm dan untuk jangkauan *LoRa* sampai 250 m. *Gateway* dapat menerima data yang dikirim oleh *LoRa* dan dapat menampilkan hasil ukur sensor laser pada *LCD* dan *buzzer* dapat memberi isyarat bunyi. Perangkat dapat memonitor ketinggian air dengan hasil tampilan berupa ketinggian air secara *real time* pada *LCD* dan *buzzer* dapat memberikan bunyi sesuai dengan empat status ketinggian air yaitu *level aman*, *level siaga satu*, *level siaga dua* dan *level bahaya*.

Kata Kunci: Banjir; Desa Pandak; Ketinggian Air Sungai; Long Range; Wireless Sensor Network

Abstract—Flood disasters often occur in Indonesia. Banyumas Regency is one of the districts that often experiences flooding. The area with the flood-prone category is Sumpiuh sub-district. One of the villages that often floods is Pandak Village. Cases that often arise when it rains for a long time and after it stops only a few moments later floods occur. The purpose of this study is to provide early warning system of flood detection to residents, so that material losses can be minimized. This research was conducted by making a *Wireless Sensor Network (WSN)* based flood monitoring device. The device consists of sensor nodes and gateways connected to a star topology. The sensor node is equipped with a *Long Range (LoRa)* module and a laser sensor, at the gateway it is equipped with a *LoRa*, *liquid crystal display (LCD)* and a *buzzer*. Functional test results, the device works well. The laser sensor can measure water levels up to 150 cm and for a *LoRa* range up to 250 m. The gateway can receive data sent by *LoRa* and can display the laser sensor measurement results on the *LCD* and the *buzzer* can give a sound signal. The device can monitor the water level with the display of the water level in real-time on the *LCD* and the *buzzer* can sound according to four water level statuses are safe level, first alert level, second alert level and danger level.

Keywords: Flood; Pandak Village; River Water Level; Long Range; Wireless Sensor Network.

1. PENDAHULUAN

Banjir merupakan peristiwa yang sering terjadi ketika memasuki musim hujan. Penyebab bencana banjir secara langsung yaitu ketika terjadi hujan dengan intensitas tinggi dalam waktu yang lama, penyebab banjir tidak langsung yaitu tindakan masyarakat yang kurang bertanggungjawab dengan membuang sampah di sungai, tidak adanya penyerapan air hujan dan banjir kiriman[1]. Banjir dapat menyebabkan kerugian baik secara materiil maupun non materiil. Banjir yang menerjang suatu kawasan dapat menghanyutkan rumah sehingga menimbulkan korban luka-luka maupun meninggal[2]. Penelitian tentang banjir banyak dilakukan, salah satu tempat yang dijadikan penelitian adalah Kabupaten Banyumas yang terdiri dari empat kelas kerawanan banjir yaitu; kelas aman, kelas tidak rawan, kelas rawan dan kelas sangat rawan[3]. Kelas rawan banjir di kabupaten Banyumas salah satunya adalah kecamatan Sumpiuh. Desa Pandak yang berada di kecamatan Sumpiuh merupakan daerah yang rawan banjir. Menurut Pak Abbas selaku kepala Desa Pandak: "Di wilayah ini terdapat beberapa saluran irigasi yang hampir setiap hujan lebat turun dengan durasi lebih dari satu jam maka bisa dipastikan terjadi banjir". Beliau juga menjelaskan tidak semua banjir juga karena akibat adanya hujan di wilayah desa ini, terkadang banjir datang ketika hujan sudah reda, sehingga sulit diperkirakan. Upaya dari desa dengan memberikan isyarat kentongan jika terjadi banjir.

Penelitian dalam tindakan pencegahan banjir banyak dilakukan dengan menggunakan teknologi sebagai monitoring ketinggian air, sebagai deteksi awal terjadinya banjir. Sensor untuk deteksi ketinggian air banyak digunakan oleh beberapa peneliti antara lain sensor ultrasonik [1][4][5][6]. Abdul Chobir merancang sistem deteksi elevasi permukaan air sungai dengan sensor ultrasonik berbasis arduino [1][4]. Cara kerja dari sistem ini adalah membaca ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik tipe *JSN-SR04T*. Data ketinggian air kemudian diolah pada *CPU Arduino Uno* dan ditampilkan pada layar *Liquid Crystal Display (LCD)*. Kelebihan dari sistem ini adalah dapat mendeteksi perubahan ketinggian air secara *real time*. Akan tetapi dalam pengujian yang dilakukan sebanyak 37 kali, sistem ini menghasilkan rata-rata *error* sebanyak 0.75 persen.

Penelitian oleh Achmad Muzakky merancang sistem deteksi banjir berbasis IOT [7][8]. Cara kerja dari sistem ini adalah dengan membaca data ketinggian air menggunakan *water level sensor*. Data ketinggian air kemudian diolah menggunakan mikrokontroler yang terhubung ke modul wireless yaitu *Node MCU ESP8266*. Ketika air mencapai ketinggian yang telah ditentukan maka mikrokontroler akan mengirimkan peringatan banjir



kepada smartphone yang telah terpasang aplikasi *blynk* dan terhubung dengan jaringan *wireless Node MCU ESP8266*. Kelebihan sistem ini adalah bisa membaca data ketinggian air secara *real time* dan bisa diakses melalui *smartphone*, namun sistem ini hanya bisa mendeteksi ketinggian air pada satu titik.

Penelitian oleh Rio Priantama merancang aplikasi peringatan dini banjir berbasis pengolahan citra menggunakan algoritma *background subtraction* [9]. Cara kerja dari sistem ini adalah memasang kamera di sekitar sungai untuk merekam secara terus menerus dinding yang telah diberi beberapa warna pada tepian sungai. Pada citra video yang telah direkam, maka dilakukan pelacakan skala berdasarkan masing-masing warna. Pada saat proses pelacakan warna, ketika skala warna tersebut tertutupi oleh air, maka diidentifikasi air telah meningkat sampai titik tersebut. Kelebihan sistem ini adalah dapat bekerja secara *real time*. Kekurangan dari sistem ini adalah hanya bisa menangkap citra pada intensitas cahaya 786-1980 Lux.

Penelitian yang lain yaitu penggunaan *Wireless Sensor Network (WSN)* merupakan jaringan yang terdiri dari beberapa sensor yang saling terhubung satu sama lain melalui modul koneksi tanpa kabel [10]. *Wireless Sensor Network* terdiri dari dua komponen utama yaitu node sensor yang memiliki fungsi penyimpanan (*storage*), pemrosesan, komunikasi dan sensor yang dapat mengukur atau sensing fenomena atau besaran fisis dari lingkungan dimana sensor tersebut ditempatkan.

Penelitian sebelumnya membahas tentang sensor yang digunakan untuk mendeteksi tinggi air pada satu lokasi. Penelitian ini dapat mendeteksi ketinggian air sungai pada beberapa titik yang mampu membaca ketinggian air secara akurat dan bisa saling terhubung antara satu sensor dengan sensor yang lainnya. Sensor yang digunakan pada penelitian sebelumnya antara lain; sensor ultrasonik, *water level sensor* dan memasang kamera sebagai akuisisi data ketinggian air. Penelitian ini menggunakan sensor laser *VL53L0X* dan *Long Range (LoRa)*. Penggunaan sensor laser *VL53L0X* dipilih karena lebih akurat dan teliti dalam membaca data[11]. Pemakaian *LoRa* untuk mengintegrasikan beberapa sensor yang ada pada titik yang berbeda dengan jangkauan yang luas menggunakan komunikasi nirkabel dan berdaya rendah[12][13]. Dengan memanfaatkan *LoRa* diharapkan sensor deteksi banjir yang dipasang pada beberapa titik dapat saling terhubung, sehingga memudahkan penggunaannya untuk monitoring ketinggian air sungai secara *real time*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan Studi Literatur, Analisa Kebutuhan, Perancangan Perangkat dan Pengujian Perangkat. Tahap penelitian monitoring banjir berbasis *WSN* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Alur penelitian

2.2 Studi Literatur

Tahap ini dilakukan untuk mendapatkan pemahaman dari kajian-kajian ilmiah tentang monitoring banjir berbasis *Wireless Sensor Network*. Beberapa penelitian yang sudah dilakukan banyak menggunakan jenis sensor dan perangkat pengontrolan yang berbeda, sehingga dengan studi literatur ini akan ditentukan jenis sensor, perangkat keras, perancangan perangkat dan pengujian perangkat yang sesuai dengan kebutuhan pada penelitian ini.

2.3 Analisa Kebutuhan

Analisa kebutuhan ini didapatkan setelah melakukan studi literatur. Analisis dilakukan untuk menentukan komponen-komponen yang akan dipakai oleh sistem, dapat berupa *hardware* maupun *software*. Analisa ini meliputi kebutuhan perangkat *input*, perangkat proses dan perangkat *output*. Perangkat *input* yang dibutuhkan

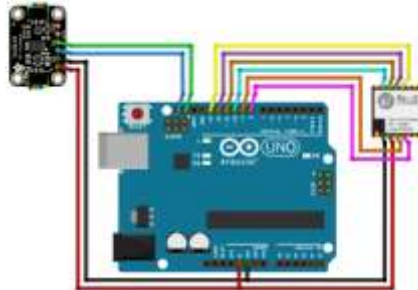


yaitu sensor *laser distance* (VL53L0X) yang digunakan untuk mengukur ketinggian air. Perangkat proses terdiri dari *Arduino Uno* untuk pengontrolan dan *LoRa* untuk komunikasi antar masing-masing sensor. Perangkat *output* antara lain *LCD 16x2*, untuk menampilkan ketinggian air dan *buzzer* untuk memberikan peringatan banjir.

2.4 Perancangan Perangkat

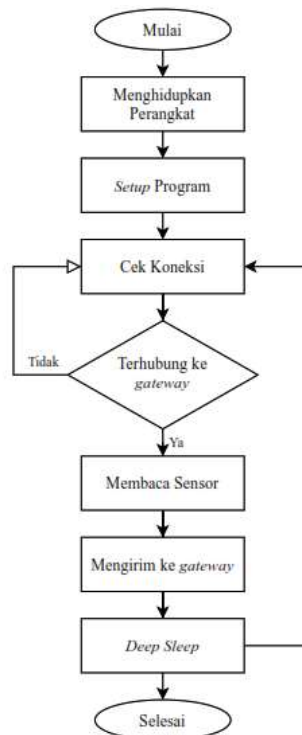
2.4.1 Desain Node

Tahap perancangan perangkat dimulai dengan membuat desain *node* sensor[14]. *Node* sensor yang dirancang pada perangkat ini terdiri dari tiga komponen yaitu; *Arduino Uno*, modul *LoRa* dan sensor *laser distance*. Sensor *laser distance* membutuhkan tegangan sumber 5V, pada sensor ini juga terdapat *Ground*, *Serial Data (SDA)* dan *Serial Clock (SCL)*. Modul *LoRa* dihubungkan ke *Arduino Uno* dengan konfigurasi *SPI* dengan pin *reset* ke pin *D9* dan pin *D10* ke pin *D2*.



Gambar 2. *Node* sensor

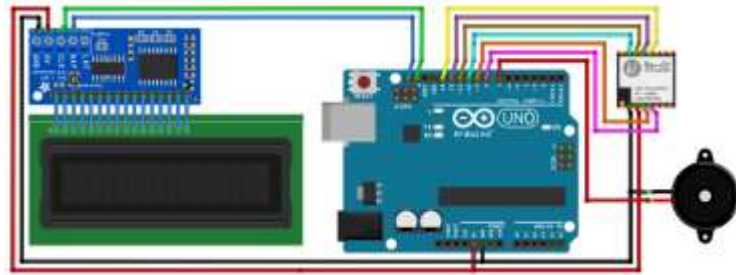
Data hasil perekaman sensor laser dikirim dengan menggunakan *node*. *Node* mengirim data ke *gateway* secara berkala. Tahap yang dilakukan oleh *node* itu sendiri yaitu dengan menghidupkan perangkat kemudian diikuti dengan *setup* program dan melakukan cek koneksi. *Node* terhubung ke *gateway*, maka akan membaca sensor, jika tidak maka akan melakukan koneksi. Koneksi normal maka akan membaca sensor dan mengirim ke *gateway* kemudian *deep Sleep* dan berulang ke kondisi sebelumnya yaitu cek koneksi jika akan melakukan pengiriman data. *Flowchart* untuk *node* tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Flowchart* node

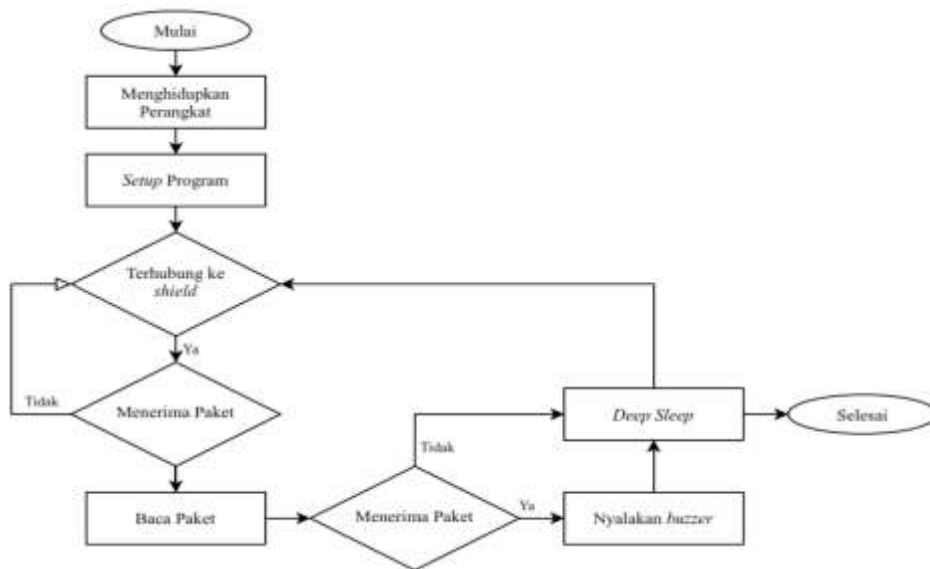
2.4.2 Desain Gateway

Gateway bekerja untuk menerima paket dari *node sensor*[14][15]. Paket yang diterima berupa data ketinggian air dengan aturan yang ditentukan, jika air melebihi ketinggian yang sudah ditentukan, maka *gateway* akan membunyikan *buzzer* sebagai peringatan banjir. Selain itu data ketinggian air yang diterima oleh *gateway* akan di tampilkan oleh *LCD*[16]. Rancangan *gateway* terdiri dari *Arduino*, *LCD*, *buzzer* dan *LoRa* seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Gateway

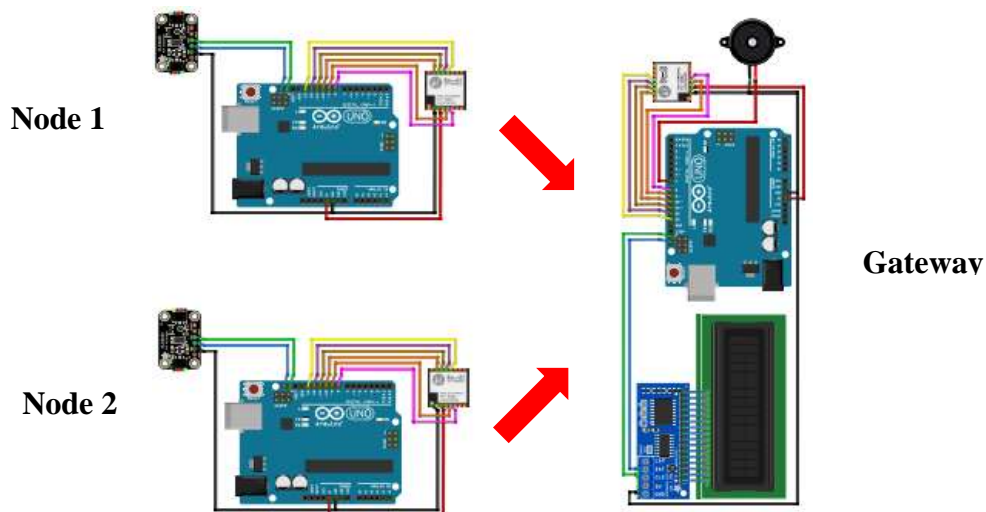
Alur kerja gateway dengan terlebih dahulu menghidupkan perangkat, setelah perangkat hidup maka sistem akan melakukan *setup* program dan dilanjutkan dengan mengecek kondisi, apakah terhubung dengan *shield*, jika ya maka akan menerima paket, jika tidak akan kembali ke posisi awal untuk cek kondisi. Paket yang diterima akan dibaca, ketika terbaca ketinggian air melebihi batas, maka *gateway* akan menyalakan *buzzer* dan menyalakan *LCD*, jika tidak maka hanya *LCD* saja yang menyala.



Gambar 5. Flowchart gateway

2.4.3 Desain Topologi Jaringan

Topologi jaringan untuk monitoring banjir berbasis *WSN* dengan menggunakan topologi *Star*[16][17]. Kedua *node sensor* tersebut masing-masing terhubung ke *gateway*. Sensor yang ada pada *node* akan mengirim data melalui jaringan *wireless* dengan menggunakan modul *LoRa*. Penggunaan *LoRa* sangat memungkinkan sekali diaplikasikan pada daerah yang tidak terjangkau jaringan *internet*.



Gambar 6. Topologi Jaringan gateway



2.4 Pengujian Perangkat

Pengujian dilakukan untuk memastikan apakah perangkat yang dibuat sesuai dengan hasil yang diharapkan. Pengujian ini untuk mengetahui jalan atau tidaknya perangkat secara fungsional [16][18]. Pengujian yang dilakukan diantaranya adalah; pengujian sensor, pengujian modul *LoRa*, pengujian *LCD* dan pengujian *buzzer*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perancangan perangkat keras monitoring banjir berbasis *WSN* dikemas dalam kotak hitam. Perangkat keras terdiri dari *node sensor* dan *gateway*. Perangkat *node sensor* dengan perangkat *gateway* dapat dilihat seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Perangkat monitoring berbasis *WSN*

3.1 Pengujian Sensor

Pengujian sensor pada penelitian ini yaitu dengan memasang sensor sedemikian rupa pada tutup pipa *PVC 3"* yang di dalam pipa diberi pelampung dan dimasukkan ke dalam ember berisi air. Daya yang dibutuhkan untuk rangkaian *node sensor* ini adalah 12 volt. Pengujian sensor laser *VL53L0X* ini adalah untuk mengetahui kemampuan sensor dalam membaca jarak. Pengujian Sensor laser dapat dilihat seperti Gambar 8.



Gambar 8. Pengujian sensor laser *VL53L0X*

Pengujian sensor laser dengan cara menambah air bertahap dengan ketinggian setiap 10 cm. Hasil pengujian sensor dalam kemampuan membaca jarak adalah seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian sensor laser *VL53L0X*

Percobaan	Jarak (cm)	Hasil	Error %
1	10	10	0
2	20	20	0
3	30	30	0
4	40	40	0
5	50	50	0
6	60	60	0
7	70	70	0
8	80	80	0
9	90	90	0
10	100	100	0



Percobaan	Jarak (cm)	Hasil	Error %
11	110	110	0
12	120	error	error
13	130	error	error

Hasil pengujian sensor laser ini dapat disimpulkan bahwa hasil pengukuran cukup akurat karena memiliki rasio pengukuran dengan *margin error* 0% untuk jarak sampai 110 cm. Kemampuan baca sensor yang ada pada spesifikasi produk yang tercatat adalah 200 cm, namun pada kenyataannya untuk mengukur sampai ketinggian 120 cm sudah terjadi *error*. Sensor ini digunakan dengan tetap memperhatikan posisi pemasangan sensor pada sungai ketika diaplikasikan.

3.2 Pengujian LoRa

Pengujian *LoRa* ini dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh antara *node* dengan *gateway*. Pengujian dilakukan dengan berjalan sehingga mencapai titik yang maksimal. Gambar 9 menunjukkan proses pengujian yang dilakukan untuk mengukur jarak dengan menggunakan *google maps*.



Gambar 9. Pengujian *LoRa*

Pengujian *LoRa* ini dilakukan dengan merubah posisi jarak setiap 50 m bergeser menjauh sampai pada titik maksimal. Hasil pengujian *LoRa* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian *LoRa*

Percobaan	Jarak (m)	Hasil	Keterangan
1	50	Terhubung	Stabil
2	100	Terhubung	Stabil
3	150	Terhubung	Stabil
4	200	Terhubung	Stabil
5	250	Terhubung	Stabil
6	300	Terputus	Tidak stabil

Hasil dari Tabel 2 menunjukkan bahwa modul *LoRa* yang digunakan mampu berkomunikasi sampai sejauh 250 meter, meskipun dalam spesifikasi perangkat tertulis sampai jarak 2 kilometer. Faktor ini terjadi dikarenakan penggunaan antena yang sangat mempengaruhi kualitas dari hantaran frekuensi yang dipancarkan.

3.3 Pengujian LCD

Pengujian *LCD* ini dengan cara menampilkan data dua *node sensor*, data *node sensor* pertama diletakkan pada baris pertama dan data *node sensor* kedua ditampilkan pada baris kedua. Hasil dari pengujian *LCD 16x2* dapat menampilkan data masing-masing sensor dengan baik. Hasil Pengujian *LCD* dapat dilihat seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Pengujian *LCD*



3.4 Pengujian Buzzer

Pengujian *buzzer* ini menggunakan pipa *PVC 3 inch* dengan panjang 40 cm. Pengujian *buzzer* ini pada awalnya mengikuti spesifikasi sensor yaitu dengan ketinggian 200 cm, sehingga *gateway* dikalibrasi untuk mengukur ketinggian air sungai maksimal 200 cm. Jarak ketinggian air ini diasumsikan mulai dari 160 cm yang diperoleh dari pengurangan ketinggian air (200 cm) dikurangi tinggi pipa (40 cm). Pengujian *buzzer* ini dengan 4 kondisi ketinggian air. Kondisi pertama dengan bunyi *beep* satu kali selama $\frac{1}{4}$ detik untuk ketinggian air 160 – 170 cm dengan *level* aman. Kondisi kedua yaitu bunyi *beep* satu kali dengan durasi selama $\frac{1}{2}$ detik untuk ketinggian air 171 - 180 cm dengan *level* siaga satu. Kondisi ketiga dengan bunyi *beep* satu kali dengan durasi 1 detik untuk ketinggian air 181 – 190 cm dengan *level* siaga dua. Kondisi keempat dengan bunyi *beep* dua kali dengan durasi satu detik untuk ketinggian air 191 – 200 dengan *level* bahaya. Gambar 11 menunjukkan proses pengujian *buzzer*.



Gambar 11. Pengujian *buzzer*

4. KESIMPULAN

Dampak banjir yang terjadi di Desa Pandak dapat ditanggulangi dengan memasang perangkat monitoring banjir berbasis *wireless sensor network*. Perangkat yang dibuat dapat berfungsi dengan baik, sehingga bisa digunakan sebagai deteksi dini kenaikan air pada sungai. Bunyi alarm yang dihasilkan oleh perangkat dapat memberikan peringatan pada warga di daerah sekitar untuk lebih waspada terhadap banjir. Penggunaan sensor laser pada perangkat ini mampu mengukur ketinggian air dengan presisi. Perangkat tersebut dapat melakukan pengiriman hasil pengukuran ketinggian air sungai sesuai dengan kondisi peningkatan debit air pada sungai. Perangkat yang dibuat dilengkapi dengan empat tanda peringatan *buzzer* yang bervariasi untuk merepresentasikan keadaan air sungai baik *level* aman, *level* siaga satu, *level* siaga dua dan *level* bahaya. Penggunaan modul *LoRa* pada perangkat ini mampu mengirimkan data sampai jarak 250 m. Data yang dikirim berupa data ketinggian air sungai. Data ketinggian air sungai ditampilkan oleh *liquid crystal display* yang terpasang pada perangkat *gateway*. Kelemahan dari perangkat ini hanya bisa mengukur ketinggian air sungai dari permukaan sampai 120 cm. Peneliti merekomendasikan penggunaan *water level sensor* yang dirancang khusus untuk dapat mengukur ketinggian air sungai yang lebih tinggi. Pemasangan *node sensor* untuk mengirimkan data dengan jarak yang lebih jauh bisa menggunakan *LoRa* tipe lain yang dilengkapi dengan antena. Penelitian lebih lanjut dapat dikembangkan dengan berbasis *Internet of Things*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat atas pendanaan yang diberikan pada Program Penelitian Dosen Muda Amikom Tahun 2021 Universitas Amikom Purwokerto.

REFERENCES

- [1] S. Juanita and Windarto, "Rancangan Sistem Informasi Peringatan Dini Bencana Banjir," *Pros. Semin. Nas. Multi Disiplin Ilmu Call Papaer UNISBANK Ke-3*, vol. 3, pp. 123–129, 2017.
- [2] C. Umari, E. Anggraini, and R. Zainul Muttaqin, "Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Sensor Ultrasonik Dan Mikrokontroler Sebagai Upaya Penanggulangan Banjir," *J. Meteorol. Klimatologi dan Geofis.*, vol. 4, no. 2, pp. 35–42, 2017.
- [3] M. Mahfuz, B. Purnawan, and R. M. Harahap, "Analisis Data Spasial Untuk Identifikasi Kawasan Rawan Banjir Di Kabupaten Banyumas Provinsi Jawa Tengah," *J. Online Mhs. Bid. Tek. Geod.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–12, 2016, [Online]. Available: <https://jom.unpak.ac.id/index.php/teknikgeodesi/article/view/507>.
- [4] A. Chobir, A. Andang, and N. Hiron, "Sistem Deteksi Elevasi Permukaan Air Sungai dengan Sensor Ultrasonic Berbasis Arduino," *J. Siliwangi*, vol. 3, no. 1, pp. 149–155, 2017, [Online]. Available: [file:///C:/Users/USER-Pc/Downloads/241-543-1-SM\(1\).pdf](file:///C:/Users/USER-Pc/Downloads/241-543-1-SM(1).pdf).
- [5] J. P. Nainggolan, M. E. I. Najoan, and S. D. S. Karouw, "Pengembangan Sistem Informasi Peringatan Dini Banjir Di Kota Manado Berbasis Internet of Things," *J. Tek. Inform.*, vol. 15, no. 1, pp. 65–74, 2020, doi: 10.35793/jti.15.1.2020.29064.
- [6] M. S. Hadi, D. A. Tricahyo, D. K. Sandy, and F. S. Wibowo, "IoT Cloud Data Logger Untuk Sistem Pendeteksi Dini Bencana Banjir Pada Pemukiman Penduduk Terintegrasi Media Sosial," *J. Edukasi Elektro*, vol. 1, no. 2, 2017, doi: 10.21831/jee.v1i2.17416.



- [7] A. Muzakky, A. Nurhadi, A. Nurdiansyah, G. Wicaksana, and Istiadi, "Perancangan Sistem Deteksi Banjir Berbasis IoT," *Conf. Innov. Appl. Sci. Technol. (CIASTECH 2018)*, no. September, pp. 660–667, 2018.
- [8] M. R. Fahlevi and H. Gunawan, "Perancangan Sistem Pendeteksi Banjir Berbasis Internet of Thing," *IT J.*, vol. 8, no. April, pp. 23–29, 2021.
- [9] R. Priantama, "Implementasi Algoritma Background Subtraction Untuk Deteksi Tinggi Muka Air (Tma) Pada Aplikasi Peringatan Dini Banjir Bandang Berbasis Pengolahan Citra," *Buffer Inform.*, vol. 5, no. 2, pp. 19–25, 2019, doi: 10.25134/buffer.v5i2.2184.
- [10] L. Hamami and B. Nassereddine, "Application of wireless sensor networks in the field of irrigation: A review," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 179, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.compag.2020.105782.
- [11] E. M. Fauzi, M. B. Z. Asyikin, and I. Y. Prasetya, "Analisa dan Solusi Noise Sensor VL53L0X pada Berbagai Kondisi Cahaya," *9th Ind. Research Work. Natl. Semin.*, no. October, pp. 3–7, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.polban.ac.id/index.php/proceeding/article/viewFile/1088/889>.
- [12] M. H. Habaebi, I. J. Chowdhury, M. R. Islam, and N. A. B. Zainal, "Effects of Shadowing on LoRa LPWAN Radio Links," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 7, no. 6, pp. 2970–2976, 2017, doi: 10.11591/ijece.v7i6.pp2970-2976.
- [13] D. W. Firmansyah, M. H. H. Ichsan, and A. Bhawiyuga, "Pengembangan Gateway LoRa-MQTT untuk Transmisi Data Dua Arah antara Wireless Sensor Network dan Cloud Server," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. e-ISSN*, vol. 2548, no. 1, p. 964X, 2020.
- [14] M. R. Cahyadi, S. R. Akbar, and E. R. Widasari, "Implementasi Sistem Pendeteksi Ketinggian Air Dengan Menggunakan Wireless Sensor Network Node Point To Point," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 2, pp. 715–722, 2018.
- [15] T. P. Siregar, S. Sumaryo, and W. Priharti, "Sistem Komunikasi Peringatan Dini Bahaya Banjir," *J. Tek. Elektro, Fak. Tek. Elektro, Univ. Telkom*, vol. 6, no. 1, pp. 187–194, 2019, [Online]. Available: <https://libraryproceeding.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/download/8789/8653>.
- [16] H. Kurniawan, D. Triyanto, and I. Nirmala, "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Dan Monitoring Banjir Menggunakan Arduino Dan Website," *J. Komput. dan Apl.*, vol. 07, no. 01, pp. 11–22, 2019.
- [17] R. Fitriani, "Prototipe Pendeteksi Bencana Longsor dan Kekeringan Pertanian Berbasis Wireless Sensor Network (WSN) Menggunakan Radio Frequency (RF) dengan Topologi Star," *J. Alami J. Teknol. Reduksi Risiko Bencana*, vol. 3, no. 1, p. 71, 2019, doi: 10.29122/alami.v3i1.3310.
- [18] K. Indartono and A. Jahir, "Prototype Sistem Keamanan Mobil Dengan Menggunakan Quick Prototype of Car Scurity System Using Quick Response Code Based," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 6, no. 3, pp. 235–244, 2019, doi: 10.25126/jtiik.20186964.