

Pemodelan Sistem Informasi Banjir Penduduk Daerah Aliran Sungai Menggunakan *Wireless Sensor Network*

Arsya Haudil Anbiya¹, Kiki Prawiroredjo², Gunawan Tjahjadi³

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti

Jl. Kyai Tapa No.1, Grogol, Jakarta 11440

¹arsyachasny@gmail.com

²kiki.prawiroredjo@trisakti.ac.id

³gunawandea108@gmail.com

Intisari — Selama periode Januari-Februari, umumnya penyebab banjir yang terjadi dikarenakan curah hujan yang tinggi dan sungai-sungai yang meluap. Siklus penanganan banjir meliputi pemberitahuan, penyebaran informasi prakiraan banjir, reaksi cepat dan bantuan penanganan darurat banjir serta perlawanan terhadap banjir. Sistem informasi banjir ini dibuat agar dapat meminimalisir dampak bencana banjir bagi daerah yang belum mempunyai stasiun pemantau banjir, dirancang menjadi 3 bagian yaitu Node, Master Node, Jalur Informasi. Bagian Node digunakan untuk mendeteksi tinggi muka air pada daerah aliran sungai rawan banjir menggunakan sensor ultrasonik. Bagian Master Node digunakan untuk mendeteksi curah hujan harian dengan sensor tipping bucket, menerima data dari bagian Node serta membunyikan sirine saat tinggi muka air sungai mendekati tanggul sungai. Komunikasi antara Node dan Master Node menggunakan LoRa SX1278. Bagian Jalur Informasi memonitor data tinggi muka air sungai dan curah hujan harian untuk penduduk daerah aliran sungai dan stakeholder penanggulangan banjir melalui aplikasi Blynk pada smartphone. Dari hasil pengujian diketahui LoRa SX1278 mampu berkomunikasi pada area outdoor berpenghalang 600 meter dan outdoor tanpa penghalang hingga 900 meter. Waktu respon rata-rata notifikasi dan peringatan dini diterima kurang dari 3 detik.

Kata kunci — Sistem Informasi Banjir, sensor ultrasonik, tipping bucket, LoRa SX1278, Blynk.

Abstract — During January-February period, generally the caused of flooding were due to high rainfall and overflowing rivers. The flood management cycle included notification, dissemination of flood forecast information, rapid response and assistance for flood emergency management and flood resistance. This flood information system was created in order to minimize the impact of flood disaster for an area that did not yet had a flood monitoring station. This system was designed into 3 parts, namely Node, Master Node, Information Path. The Node section used ultrasonic sensor to detect water level in flood-prone watersheds. The Master Node section used a tipping bucket sensor to detect daily rainfall, received data from the Node section and sound a siren when the river's water level approach the river embankment. LoRa SX1278 was used to communicate between Node and Master Node. The Information Line section was used to monitor the river's water level data and daily rainfall for watershed residents and stakeholders for flood prevention through the Blynk application on smartphones. Based on test result, LoRa SX1278 was able to communicate in outdoor areas with barriers until 600 meters and outdoor areas without obstacles up to 900 meters. The average response time for notifications and early warning sirens were less than 3 seconds.

Keywords— Flood Information System, ultrasonic sensor, tipping bucket, LoRa SX1278, Blynk.

I. PENDAHULUAN

Banjir merupakan peristiwa atau keadaan dimana terendamnya suatu daerah atau daratan karena volume air yang meningkat (Undang- Undang Nomor 24 Tahun 2007) [1]. Selama periode Januari-Februari 2021, umumnya penyebab banjir yang terjadi dikarenakan curah hujan yang tinggi dan sungai-sungai yang meluap seperti yang terjadi di Indramayu, Gunungputri, Pondok Gede, Karawang dan Cililitan [2][3][4][5].

Kebijakan penanggulangan banjir di Indonesia dibagi menjadi 3 siklus yaitu pencegahan, penanganan dan pemulihan. Siklus penanganan meliputi pemberitahuan dan penyebaran informasi prakiraan banjir, reaksi cepat dan bantuan penanganan darurat banjir serta perlawanan terhadap banjir. Agar masyarakat sigap dalam menghadapi banjir, diperlukan partisipasi masyarakat untuk mengamati secara langsung persiapan menghadapi banjir [6].

Sistem informasi banjir meliputi pengukuran tinggi muka air sungai,

pengukuran curah hujan, telemetri, siaga banjir dan jalur informasi. Sistem peringatan dini merupakan serangkaian sistem untuk memberitahukan akan timbulnya kejadian alam maupun tanda-tanda alam lainnya. Peringatan dini pada masyarakat atas bencana merupakan tindakan memberikan informasi yang mudah diterima oleh masyarakat [7]. Dalam hal ini untuk meminimalisir dampak yang disebabkan banjir.

Pada penelitian ini dibuat sebuah pemodelan sistem informasi banjir untuk masyarakat yang bermukim di daerah rawan banjir tetapi di daerah tersebut belum dilengkapi stasiun pemantau banjir yang dapat memberikan peringatan dini. Sistem dibagi menjadi tiga bagian yaitu bagian Node, Master Node dan Jalur Informasi. Bagian Node digunakan untuk mendeteksi tinggi muka air (TMA) pada daerah aliran sungai (DAS) rawan banjir. Pada bagian Master Node terdapat satu sensor curah hujan dan diletakkan di perumahan penduduk DAS agar curah hujan harian yang terhitung merupakan kondisi yang terjadi di DAS tersebut. Jalur informasi digunakan sebagai jalur komunikasi untuk mengirimkan data TMA dan curah hujan harian kepada penduduk DAS dan *stakeholder* penanggulangan bencana secara *wireless*.

II. METODE PENELITIAN

A. Blok Diagram Sistem

Dari Gambar 1 Blok Diagram Sistem dapat dilihat sistem terdiri dari tiga bagian yaitu Node, Master Node dan Jalur Informasi. Bagian Node digunakan untuk mendeteksi TMA pada daerah aliran sungai rawan banjir menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04. Sensor ultrasonik HC-SR04 dapat mendeteksi tinggi permukaan air tanpa menyentuh air dan dapat mendeteksi jarak sampai 4 meter [8].

TMA adalah jarak antara permukaan air sungai sampai sensor ultrasonik pendeteksi permukaan air sungai. Bagian Node yang digunakan berjumlah 2 titik, dimana titik pertama digunakan sebagai titik awal sembarang pengukuran dan titik kedua

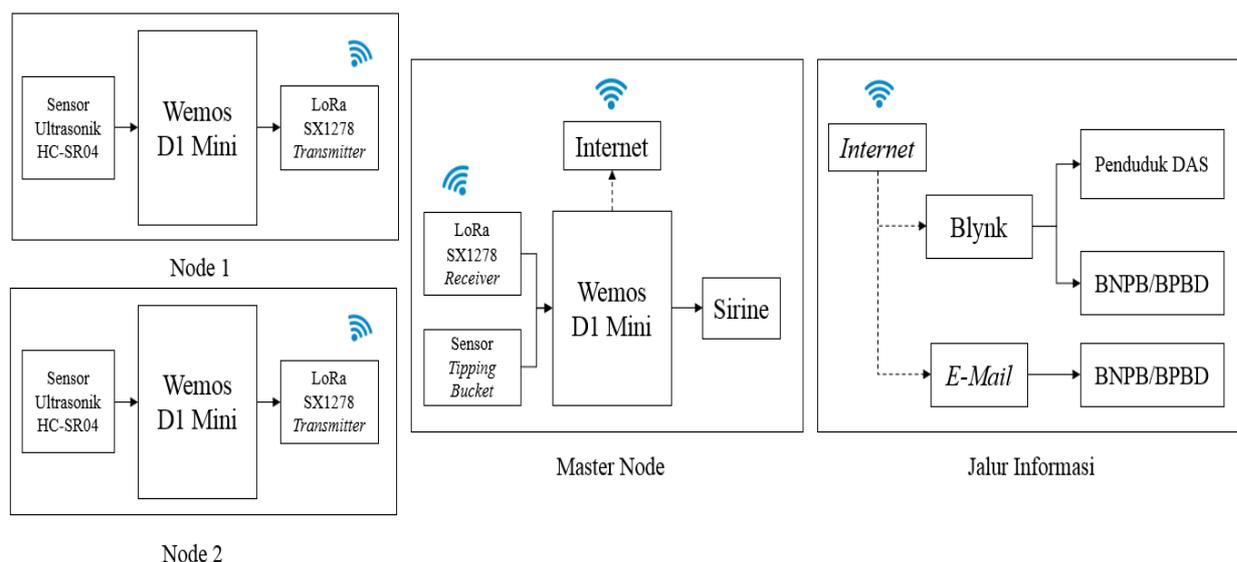
merupakan titik pembanding pengukuran awal. Kedua titik ini diletakkan sebelum daerah rawan banjir agar dapat memberi waktu bagi penduduk DAS untuk melakukan evakuasi.

Data hasil pengukuran 2 titik node tersebut dikirim ke bagian Master Node melalui *LoRa SX1278 transmitter*. *LoRa SX1278* adalah modul *transceiver* daya rendah yang imun terhadap interferensi untuk komunikasi jarak jauh (*Long Range*) dan menggunakan frekwensi radio 433 MHz [9] sehingga meminimalisir gangguan dari sinyal komunikasi seluler dan tidak memerlukan biaya *bandwidth*.

Data pembacaan kedua titik TMA sungai diterima bagian Master Node melalui *LoRa SX1278 receiver* dan akan dihitung nilai rata-ratanya. Hasil nilai rata-rata TMA sungai akan diolah oleh Wemos D1 Mini agar saat TMA memasuki kondisi SIAGA 1 yaitu saat tinggi air sungai mulai kritis, sirine akan berbunyi untuk memberikan peringatan langsung kepada penduduk DAS. Wemos D1 Mini adalah sebuah mikrokontroler berbasis ESP8266 dilengkapi dengan komunikasi Wi-Fi yang penggunaannya mudah dengan harga yang murah [10]. Bagian Master Node diletakkan disalah satu rumah penduduk DAS. Curah hujan harian dalam milimeter yang terhitung akan ditampilkan pada bagian Jalur Informasi merupakan kondisi hujan yang terjadi di DAS tersebut. Data TMA sungai dan curah hujan harian selanjutnya dikirim untuk diakuisisi oleh Sistem Informasi.

Pada sistem informasi, data TMA sungai dan curah hujan harian ditampilkan melalui aplikasi Blynk pada *smartphone* sebagai media *monitoring* bagi penduduk DAS dan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) atau Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) secara *real-time*.

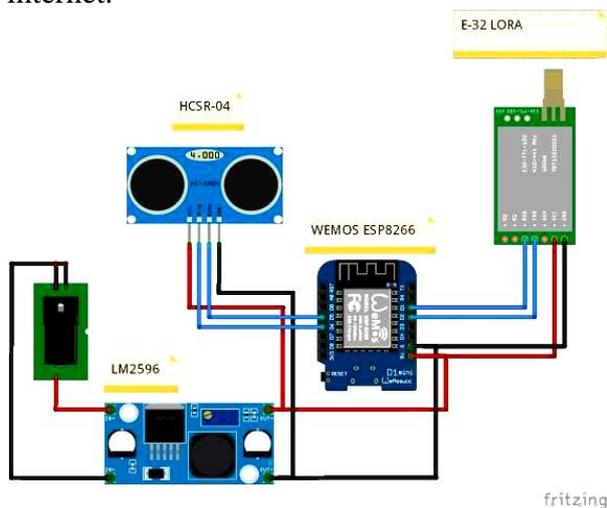
Notifikasi berupa status kesiagaan ditampilkan dengan *pop up* pada *smartphone* penduduk DAS dan BPNB/BPBD. Sedangkan *e-mail* digunakan sebagai notifikasi tambahan bagi BNPB/BPBD untuk memastikan notifikasi benar-benar diterima oleh *stakeholder* penanggulangan bencana ketika memasuki kondisi SIAGA 1.



Gbr. 1 Blok Diagram Sistem

B. Skema Rangkaian

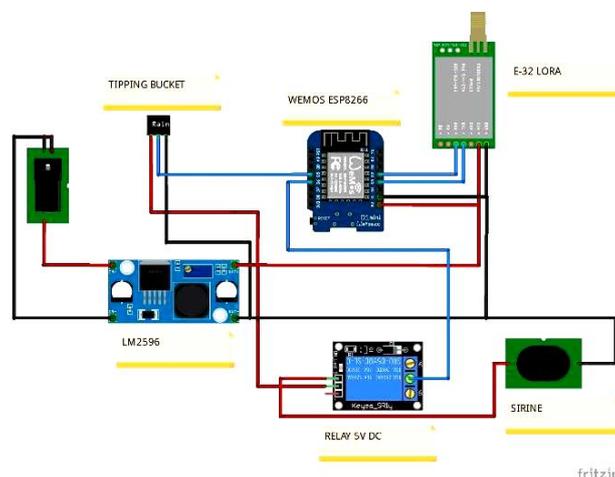
Gambar 2 memperlihatkan skema rangkaian Node 1 dan Node 2 yang berfungsi untuk mendeteksi ketinggian air sungai. Sedangkan Gambar 3 adalah skema rangkaian Master Node yang berfungsi untuk menerima data TMA, mendeteksi curah hujan, mengaktifkan sirine dalam kondisi SIAGA 1 dan mengirimkan data ke penduduk DAS dan BNPB/BPBD melalui internet.



Gbr. 2 Skema Rangkaian Node 1 dan 2

Pada Gambar 2 dapat dilihat *output* sensor ultrasonic HC-SR04 yaitu pin *Echo* terhubung dengan pin D5 pada Wemos ESP8266, sedangkan untuk *output Trigger* terhubung dengan pin D6 Wemos. LoRa SX1278 pada rangkaian Node 1 dan 2 berfungsi sebagai *transmitter* dimana pin Rx terhubung pada pin D1 Wemos ESP8266,

sedangkan untuk pin Tx dihubungkan dengan pin D2 pada Wemos. Penggunaan kedua pin tersebut agar data dapat ditampilkan pada serial monitor Arduino IDE untuk mengetahui data terkirim atau tidak. Rangkaian Node 1 dan 2 menggunakan sumber tegangan dari 3 buah baterai LiPo 3,3V karena konsumsi daya alat yang rendah dan lebih efisien dari segi biaya.



Gbr. 3 Skema Rangkaian Master Node

Pada Gambar 3, *output* dari sensor *Tipping Bucket* yaitu pin data terhubung dengan pin D5 pada Wemos. LoRa SX1278 pada rangkaian Master Node berfungsi sebagai *receiver* dimana *output* dari LoRa SX1278 yaitu pin Rx terhubung pada pin D1 Wemos, sedangkan pin Tx dihubungkan dengan pin D2 pada Wemos. Penggunaan kedua pin tersebut ditujukan agar data dapat ditampilkan pada serial monitor Arduino IDE

untuk mengetahui data diterima atau tidak. Relay digunakan untuk mengaktifkan sirine dalam kondisi SIAGA 1. Rangkaian Master Node menggunakan sumber dari adaptor 5V yang tersambung dengan listrik salah satu rumah warga.

C. Pemodelan Tinggi Muka Air

Untuk mendeteksi TMA sungai dibagi menjadi 3 status siaga yaitu SIAGA 3, SIAGA 2, SIAGA 1 seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Status Siaga TMA [7]

TMA (cm)	Status
175-125	SIAGA 3
125-75	SIAGA 2
< 75	SIAGA 1

D. Pemodelan Curah Hujan

Untuk mendeteksi curah hujan harian dibagi 6 status dengan tinggi curah hujan yang telah ditentukan. Klasifikasi curah hujan harian diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pemodelan Curah Hujan Harian [11]

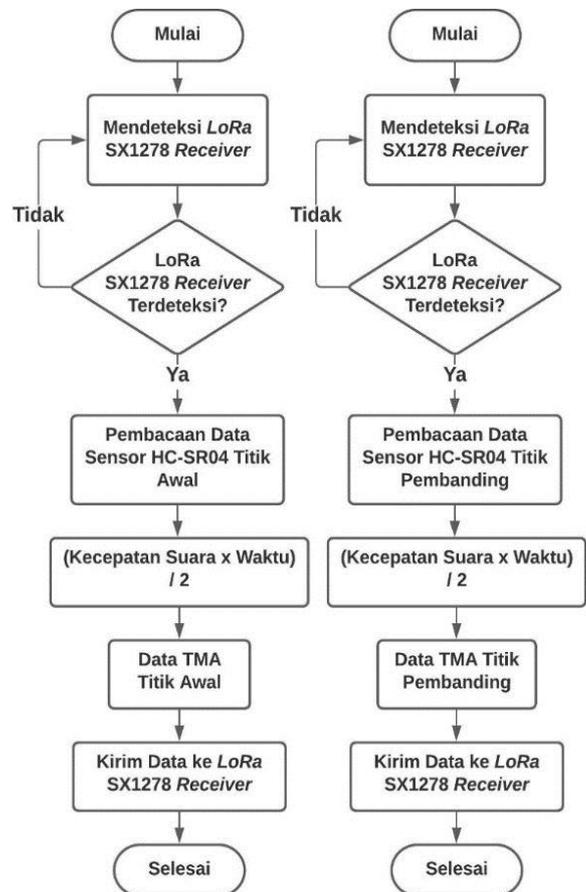
Curah Hujan Harian (mm)	Status
0	Berawan
0,5 – 20	Hujan ringan
20 – 50	Hujan sedang
50 – 100	Hujan lebat
100 – 150	Hujan sangat lebat
>150	Hujan ekstrem

E. Flowchart Sistem

Flowchart pada sistem ini terdiri dari tiga bagian, yaitu untuk Node, Master Node dan Jalur Informasi. Adapun setiap bagian mempunyai tugas masing-masing yang saling terhubung untuk memberikan informasi TMA sungai dan curah hujan harian untuk penduduk DAS tersebut.

Gambar 4 memperlihatkan *Flowchart* Sistem Node yang berfungsi untuk mengukur TMA di titik awal dan di titik pembanding. Ketika sistem diaktifkan, sistem akan mendeteksi keberadaan *LoRa* SX1278 sebagai *receiver* pada Master Node. Selanjutnya sistem akan membaca data TMA sungai di titik awal dan titik pembanding dari sensor ultrasonik HC-SR04.

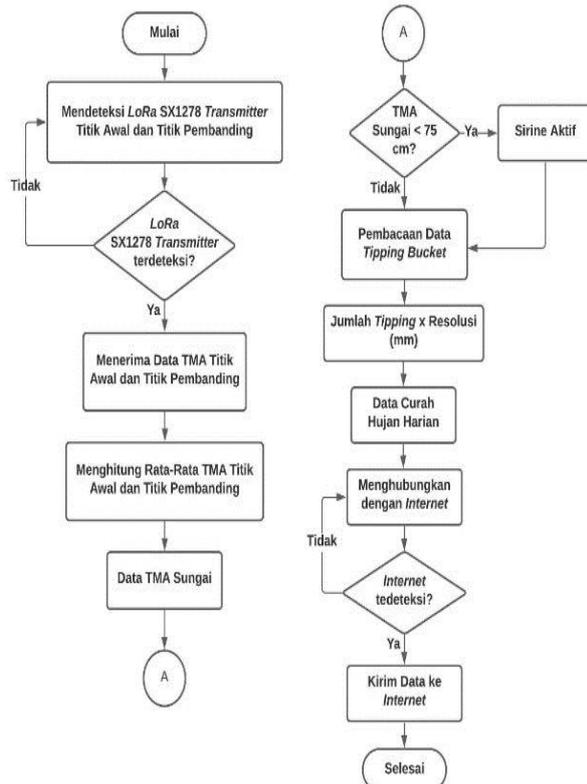
Data TMA didapat dengan menghitung kecepatan suara dikali waktu yang diperlukan sinyal dikirim sampai diterima kembali oleh sensor ultrasonik dibagi dua. Selanjutnya sistem mengirimkan data TMA sungai menuju *LoRa* SX1278 *Receiver* pada Master Node.



Gbr. 4 *Flowchart* Sistem Node

Pada Gambar 5 *Flowchart* Sistem Master Node, memperlihatkan aliran kerja pengiriman data TMA sungai dan curah hujan harian menuju Jalur Informasi. Mula-mula sistem akan mendeteksi keberadaan *LoRa* SX1278 sebagai *transmitter* pada Node 1 dan Node 2. Selanjutnya sistem akan menerima data TMA sungai titik awal dan titik pembanding. Data kedua TMA sungai dihitung nilai rata-ratanya dan menghasilkan data TMA sungai. Jika hasil data TMA sungai kurang dari 75 cm dimana masuk status SIAGA 1 atau kondisi air sungai kritis dan bisa menyebabkan sungai meluap, sirine akan aktif sebagai peringatan langsung kepada penduduk DAS. Sistem selanjutnya membaca data *Tipping Bucket*. Jika hasil data TMA sungai tidak kurang dari 75 cm, sistem

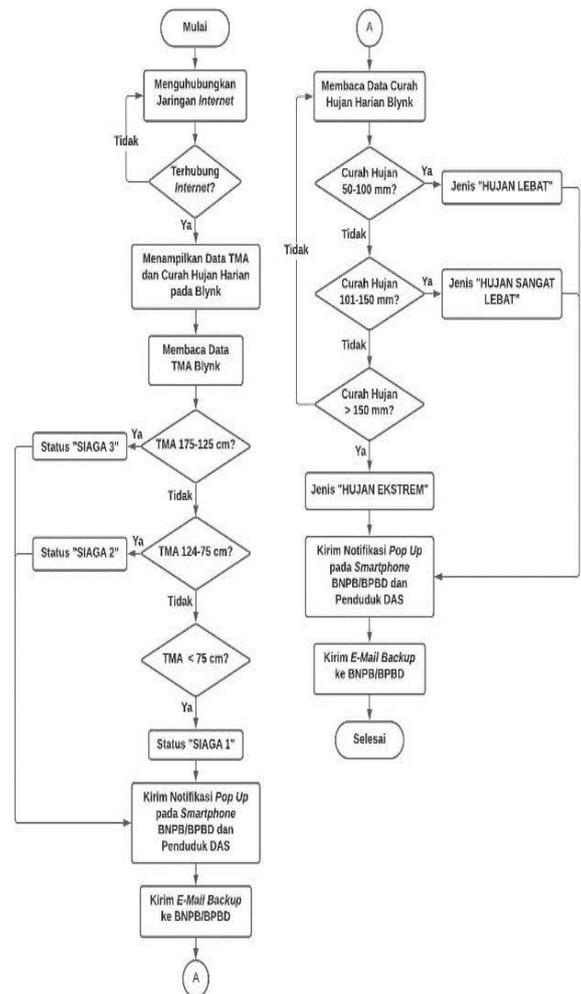
akan langsung membaca data *Tipping Bucket*. Data curah hujan harian yang terbaca *Tipping Bucket* akan dikalkulasikan berdasarkan jumlah *tipping* dikalikan resolusi sensor dalam mm. Data tersebut merupakan data curah hujan harian yang terjadi. Selanjutnya sistem akan mendeteksi keberadaan *internet*. Saat *internet* terdeteksi, sistem akan mengirimkan data TMA sungai dan curah hujan harian ke sistem informasi.



Gbr. 5 Flowchart master node

Pada Gambar 6 Flowchart Sistem Jalur Informasi dapat dilihat ketika sistem diaktifkan, mula-mula sistem akan mendeteksi keberadaan jaringan *internet*. Selanjutnya aplikasi Blynk akan menerima data dari Master Node dan menampilkan data TMA sungai dan curah hujan harian yang dapat dilihat pada *smartphone*.

Aplikasi Blynk akan membaca dan menyimpan data TMA sungai dan curah hujan harian agar setiap terjadi perubahan status siaga TMA sungai dan curah hujan harian yang telah ditetapkan, sistem akan memberikan notifikasi. Setiap perubahan status siaga ditampilkan berupa *pop up* pada *smartphone* BNPB/BPBD dan penduduk DAS serta dikirimkan sebuah *e-mail* ke pihak BNPB/BPBD sebagai notifikasi *backup*.



Gbr. 6 Flowchart sistem jalur informasi

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini dibahas hasil-hasil pengujian dari sensor, pengujian *transmitter* dan *receiver* LoRa dan pengujian aplikasi Blynk berupa tampilan informasi pada layar *smartphone* dan notifikasi.

A. Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dan ketepatannya untuk mendeteksi jarak permukaan air ke sensor. Pengujian dilakukan dengan membandingkan jarak yang terdeteksi pada sensor dengan jarak pada pipa yang telah diberi skala ukuran dalam satuan centimeter yang diperlihatkan pada Gambar 7. Sensor ultrasonik ditempatkan di ujung atas pipa untuk memudahkan perbandingan.



Gbr. 7 Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 10 kali dari jarak minimum TMA yaitu 75 cm dengan perubahan jarak setiap 10 cm. Metode ini digunakan pada kedua sensor ultrasonik. Data hasil pengujian terdapat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik 1

No	Pipa Ukur (cm)	Sensor Ultrasonik 1 (cm)	Error (%)
1	75	74	1,33
2	85	83	2,35
3	95	92	3,16
4	105	104	0,95
5	115	113	1,74
6	125	123	1,60
7	135	132	2,22
8	145	143	1,38
9	155	152	1,94
10	165	162	1,82
Rata-Rata Error			1,85

Dari hasil pengujian sampel antara sensor ultrasonik 1 dan 2 didapatkan rata-rata *error* keduanya yaitu 1,855 %. Nilai *error* yang didapat tergolong kecil sehingga sensor ultrasonik tipe HC-SR04 dapat digunakan untuk membaca jarak dari permukaan air ke sensor ultrasonik.

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik 2

No	Pipa Ukur (cm)	Sensor Ultrasonik 2 (cm)	Error (%)
1	75	74	1,33
2	85	83	2,35
3	95	93	2,11
4	105	104	0,95
5	115	111	3,48
6	125	122	2,40
7	135	133	1,48
8	145	143	0,01
9	155	152	1,94
10	165	163	1,21
Rata-Rata Error			1,86

B. Pengujian Sensor Tipping Bucket

Pengujian sensor Tipping Bucket dilakukan untuk mengetahui kemampuan dan ketepatan sensor untuk mendeteksi banyaknya curah hujan harian. Pengujian dilakukan dengan menuangkan air pada sensor dari gelas ukur dengan volume yang ditentukan, lalu menghitung jumlah jungkitan yang terjadi seperti yang ditunjukkan Gambar 8.



Gbr. 8 Pengujian Sensor Tipping Bucket

Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 10 kali dengan menuangkan volume air yang berbeda dan menghitung jumlah jungkitan yang terjadi pada sensor. Volume air dari Tipping Bucket didapat dengan mengalikan jumlah jungkitan dikali dengan volume 2,6 ml yaitu volume air yang ditampung oleh Tipping Bucket setiap satu jungkit.

Tabel 5 memperlihatkan data volume air hasil pengujian dengan Tipping Bucket dibandingkan dengan volume air dari gelas ukur.

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Sensor Tipping Bucket

No	Volume Air Gelas Ukur (mL)	Jumlah Jungkitan	Volume Air Tipping Bucket (mL)	Error (%)
1	100	38	98,8	1,20
2	200	76	197,6	1,20
3	300	114	296,4	1,20
4	400	152	395,2	1,20
5	500	191	496,6	0,68
6	600	229	595,4	0,77
7	700	266	691,6	1,20
8	800	306	795,6	0,55
9	900	343	891,8	0,91
10	1000	380	988	1,20
Rata-Rata Error				1,01

Dari hasil pengujian sensor Tipping Bucket didapatkan rata-rata error yaitu 1,01 %. Hasil perbandingan volume air dari gelas ukur dengan volume air dari Tipping Bucket masih terdapat perbedaan. Hal ini disebabkan karena sensor tidak mampu mendeteksi setengah jungkitan, sehingga air yang tersisa di dalam Tipping Bucket tidak terdeteksi.

C. Pengujian LoRa SX1278

Pengujian LoRa dilakukan untuk mengetahui jarak jangkauan maksimum komunikasi LoRa antara sensor node menuju master node. Pengujian dilakukan dengan mengukur jarak dan waktu delay pengiriman data dari sensor node menuju master node. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 10 kali dengan perubahan jarak setiap 100 meter pada area outdoor tanpa penghalang dan area outdoor dengan penghalang hingga mendapatkan jarak jangkauan maksimum LoRa.

Untuk area *outdoor* dengan penghalang dilakukan pengujian pada area terbuka danau bangunan penduduk seperti yang ditunjukkan Gambar 9 sehingga tidak ada interferensi oleh bangunan penduduk seperti yang ditunjukkan Gambar 9. Sedangkan pada area *outdoor* berpenghalang dilakukan pengujian

pada kompleks perumahan padat penduduk seperti yang ditunjukkan Gambar 10. Waktu *delay* dicatat dengan menggunakan *stopwatch*.



Gbr. 9 Pengujian LoRa Pada Area Outdoor Tanpa Penghalang

Hasil pengujian LoRa dapat dilihat pada Gambar 11.



Gbr. 10 Pengujian LoRa Pada Area Outdoor Berpenghalang Bangunan

Dari hasil pengambilan sampel pada area *outdoor* tanpa penghalang didapatkan jarak maksimum 900 meter dengan *delay* maksimum pengiriman data selama 10 detik. Sedangkan pada area *outdoor* dengan penghalang didapatkan jarak maksimum 600 meter dengan *delay* maksimum pengiriman data selama 10 detik. Adapun hal ini disebabkan bangunan padat penduduk merupakan *interferensi* yang dapat mengurangi jarak jangkauan *LoRa*. Selain itu semakin jauh jarak antara *master node* dan sensor *node* semakin lama *delay* data yang diterima sehingga dapat menyebabkan *packet loss* atau *master node* tidak dapat menerima informasi dari sensor *node*.

Pengujian waktu *delay* dari data dikirim sampai ke layar *smartphone* dengan aplikasi Blynk dilakukan dengan cara mengirimkan beberapa sampel data TMA secara acak dari sensor dan dicatat waktu *delay*nya dengan menggunakan *stopwatch*. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 10 kali secara acak. Data hasil pengujian terdapat pada Tabel 6.

Dari hasil pengambilan 10 sampel data sensor secara acak, didapatkan *delay* rata-rata pengiriman 1,3 detik. *Delay* ini terhitung cepat dalam menyampaikan informasi terkini terkait kondisi TMA dan curah hujan harian pada penduduk DAS maupun *stakeholder* penanggulangan bencana banjir. Waktu *delay* juga dapat dipengaruhi oleh kondisi jaringan internet di wilayah tersebut.

Tabel 6. Hasil Pengujian Pengiriman Data pada Aplikasi Blynk

No	Data TMA (cm)	Delay Pengiriman Data (detik)	Status
1	152	1	Terkirim
2	107	1	Terkirim
3	125	1	Terkirim
4	209	2	Terkirim
5	133	2	Terkirim
6	171	1	Terkirim
7	182	1	Terkirim
8	122	1	Terkirim
9	140	2	Terkirim
10	115	1	Terkirim

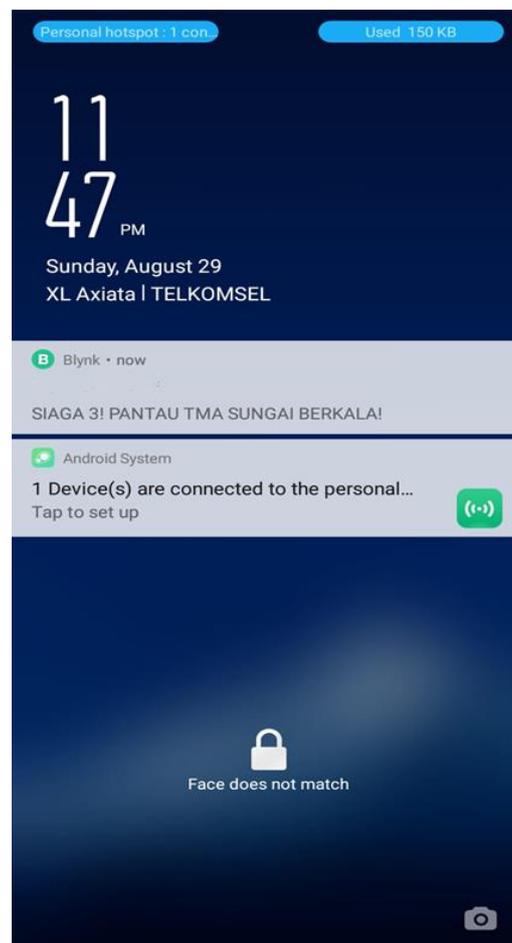
E. Pengujian Notifikasi

Pengujian notifikasi dilakukan untuk mengetahui seberapa cepat notifikasi dapat diterima pada layar *smartphone*.

Tabel 7. Hasil Pengujian Notifikasi

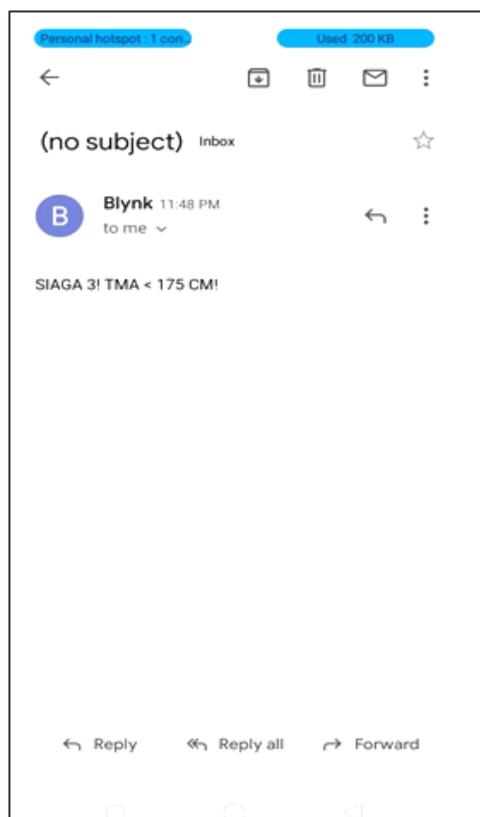
No	Kondisi	Pop Up	Delay (det)
1	SIAGA 3	Diterima	2
2	SIAGA 2	Diterima	3
3	SIAGA 1	Diterima	2
4	HUJAN LEBAT	Diterima	2
5	HUJAN SANGAT LEBAT	Diterima	3
6	HUJAN EKSTRIM	Diterima	2
Rata-Rata Delay			2,3

Pengujian dilakukan dengan mengirim data dari pembacaan sensor pada kondisi SIAGA 3, SIAGA 2, SIAGA 1, HUJAN LEBAT, HUJAN SANGAT LEBAT, HUJAN EKSTREM. Penerimaan notifikasi berupa pop up pada *smartphone* akan dicatat *delay*nya. Hasil pengujian terdapat pada Tabel 7.



Gbr. 14 Notifikasi *Pop Up* pada *Smartphone*

Rata-rata *delay* notifikasi *pop up* pada *smartphone* sekitar 2,3 detik. *Delay* juga tergantung dari kondisi jaringan internet saat itu dan di wilayah tersebut. Notifikasi pop up pada *smartphone* dapat dilihat pada Gambar 14, sedangkan notifikasi pada email terdapat pada Gambar 15.



Gbr. 15 Notifikasi pada email

F. Pengujian Peringatan Dini

Pengujian peringatan dini dilakukan untuk mengetahui kinerja sirine saat memasuki kondisi SIAGA 1 yaitu saat TMA sungai mulai kritis atau mendekati tinggi tanggul. Pengujian dilakukan dengan membuat sampel TMA dalam kondisi SIAGA 1 yaitu dengan jarak lebih kecil dari 75 cm antara TMA dengan sensor ultrasonik. Untuk memudahkan pengujian diambil jarak lebih kecil dari 10 cm. Selanjutnya akan dihitung berapa lama *delay* yang terjadi hingga sirine aktif berbunyi. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 5 kali untuk mengetahui rata-rata *delay* yang terjadi untuk mengaktifkan sirine saat kondisi SIAGA 1. Hasil pengujian terdapat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian Peringatan Dini

No	TMA Rata-Rata (cm)	Sirine	Delay (detik)
1	8	Berbunyi	1
2	8	Berbunyi	1
3	6	Berbunyi	1
4	6	Berbunyi	1
5	4	Berbunyi	1

Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa sirine dapat berbunyi ketika TMA memasuki kondisi SIAGA 1 dan *delay* rata-rata sirine berbunyi adalah 1 detik dari saat TMA mencapai tinggi SIAGA 1.

IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dibuat sebuah sistem informasi banjir untuk penduduk di daerah aliran sungai yang menggunakan *wireless sensor network* yang telah diuji dan dapat berjalan dengan baik. Sistem dapat memberikan informasi curah hujan harian, tinggi muka air sungai pada *smartphone* dan dapat memberi peringatan dini melalui bunyi sirine apabila kondisi tinggi air sungai memasuki SIAGA 1 maupun notifikasi melalui *pop up* pada *smartphone*. Dalam pengujian terdapat kekurangan tepatnya dari komponen yang digunakan antara lain sensor Tipping Bucket yang kurang akurat mengukur curah hujan, sensor ultrasonik yang membaca tinggi muka air sungai yang kurang tepat dibanding dengan pengukuran sesungguhnya dengan pipa yang diberi skala dalam cm. LoRa SX1278 yang mampu melakukan komunikasi pada area *outdoor* berpenghalang 600 meter dan *outdoor* tanpa penghalang hingga 900 meter membatasi jarak penggunaan sistem ini untuk daerah yang lebih jauh. Sistem juga tergantung dari ada tidaknya sinyal internet di daerah tersebut. Untuk pengembangan lebih jauh sistem ini dapat menggunakan lebih banyak *node* dan menggunakan *repeater* pada komunikasi LoRa sehingga dapat menambah ketepatan hasil ukur TMA sungai dan menjangkau daerah yang lebih jauh.

REFERENSI

- [1] Prihartanto And D. Ganesha, "Perkiraan Waktu Kedatangan Banjir Berdasarkan Analisis Empirik Rekaman Data Sistem Peringatan Dini Banjir Kota Bekasi," *J. Sains Dan Teknol. Mitigasi Bencana*, Vol. 14, No. 1, Pp. 8–15, 2019.
- [2] E. Jamil, "Indramayu Dikepung Banjir, Sungai-Sungai Meluap," 2021. [Online]. Available: <https://www.ayocirebon.com/Berita-Pantura/Pr-94824393/Indramayu-Dikepung-Banjir-Sungaisungai-Meluap>.

- [3] S. Makki, “Foto: Banjir Luapan Sungai Di Pondok Gede Dan Gunungputri,” *8 Februari 2021*, 2021. [Online]. Available: <https://www.cnnindonesia.com/nasional/20210208160619-22-603743/foto-banjir-luapan-sungai-di-pondok-gede-dan-gunungputri/7>. [Accessed: 08-Feb-2021].
- [4] M. Mewangi, “Banjir Luapan Sungai Di Karawang Meluas, Ratusan Rumah Terendam,” *7 Februari 2021*, 2021. [Online]. Available: <https://www.kompas.id/baca/nusantara/2021/02/07/banjir-luapan-sungai-di-karawang-meluas-ratusan-rumah-terendam/>. [Accessed: 07-Feb-2021].
- [5] J. Suyanto, “Sungai Ciliwung Meluap, Banjir Di Cililitan Sampai Seatap Rumah,” *8 Februari 2021*, 2021. [Online]. Available: <https://www.jpnn.com/news/sungai-ciliwung-meluap-banjir-di-cililitan-sampai-seatap-rumah>. [Accessed: 10-Feb-2021].
- [6] Bappenas, *Surat Keputusan Sekretariat Tim Koordinasi Perencanaan Kebijakan Nasional Penanggulangan Banjir*. 2004.
- [7] Pusat Pendidikan Dan Pelatihan Sumber Daya Air Dan Konstruksi. *Modul Sistem Informasi Banjir Pelatihan Pengendalian Banjir*. 2017.
- [8] F. Elec, “Ultrasonic Ranging Module HC - SR04.”
- [9] SEMTECH, “LoRa SX1276/77/78/79,” 2015.
- [10] S. Espressif, “ESP8266EX Datasheet,” 2015.
- [11] BMKG, “Probabilistik Curah Hujan 20 mm (tiap 24 jam),” *Badan Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika*. [Online]. Available: <https://www.bmkg.go.id/cuaca/probabilistik-curah-hujan.bmkg>. [Accessed: 24-Jan-2021].