

Research paper

Perancangan Sistem Pengumpul Data dengan *Internet Of Thing* pada *Software Monitoring Banjir* berbasis *Geographic Information System*

Fauzan Zulfa Aziz¹, Haris Suryamen²

¹Departemen Teknik Komputer, FTI Universitas Andalas Limau Manis Kota Padang 25163 Indonesia

²Departemen Sistem Informas, FTI Universitas Andalas Limau Manis Kota Padang 25163 Indonesia

ARTICLE INFORMATION

Received: February 00, 00

Revised: March 00, 00

Available online: April 00, 00

KEYWORDS

Banjir, Curah Hujan, Tinggi Air

CORRESPONDENCE

Phone: +62 82383117366

E-mail: fauzanzulfaaziz@gmail.com

A B S T R A C T

Flooding is one of the natural disasters that often occur in various regions in Indonesia. Flood events have a negative impact on the community because it can cause material losses and fatalities. Flood disasters generally occur in the rainy season with high rainfall. Technology can be used to reduce the impact caused by the flood disaster. In this study, a system was created that can estimate the probability of flooding by measuring rainfall levels, and changes in water height from ground level by using rain gauge sensors and ultrasonic sensors and sending sensor reading data and flooding positions to the database using the GSM SIM800L Module. Based on this research, the system can estimate the likelihood of flooding and give a warning with a 100% success rate.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang berada pada zona rawan bencana yang bisa menimbulkan korban jiwa dan harta benda. Salah satu bencana yang selalu terjadi setiap tahunnya adalah banjir. Banjir adalah peristiwa atau keadaan dimana terendamnya suatu daerah atau daratan karena volume air yang meningkat [1]. Banjir dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain hujan deras dan terus menerus. Menurut media online Republika, beberapa tempat di Kota Padang di Sumbar terendam banjir akibat hujan deras yang berlangsung lebih dari lima jam [2]. Dan media online Padangkita memberitakan bahwa hujan deras yang mengguyur Kota Padang sejak Rabu sore (14/02/2018) hingga Kamis (15/02/2018) menyebabkan air sungai meluap dan menggenangi enam tempat yaitu Kampung Jawa Dalam, Lubuk Begalung, Pasar Kuranji Ambacang, Kawasan Cengkeh dan Jati [3].

Banjir memiliki banyak dampak negatif seperti rusaknya sarana dan prasarana, lumpuhnya jalur transportasi, rusaknya harta benda dan korban jiwa. Banjir biasanya terjadi pada musim hujan ketika curah hujan tinggi. Curah hujan yang tinggi meningkatkan ketinggian air di daerah dataran rendah karena daerah yang lebih tinggi disuplai dengan air, membuat daerah yang lebih rendah

lebih rentan terhadap banjir. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang dapat memperkirakan kemungkinan terjadinya banjir dengan menggunakan jaringan internet yang ada untuk mengirimkan informasi sehingga daerah sekitar dan masyarakat dapat mengetahui kemungkinan terjadinya banjir di daerah tersebut dan menunjukkan kemungkinan terjadinya banjir. Menyampaikan informasi dengan cepat seperti data geospasial seperti objek di permukaan bumi sehingga tindakan perbaikan.

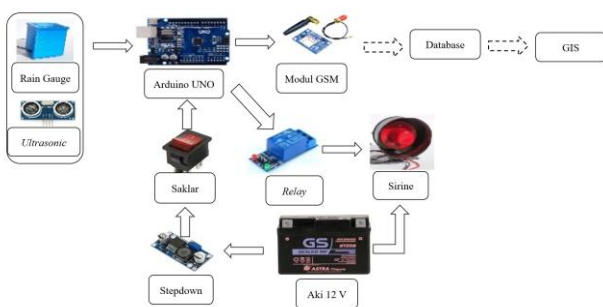
Beberapa penelitian terkait pengembangan sistem pemantauan banjir ini antara lain sistem prediksi banjir berdasarkan parameter ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik yang dikirimkan ke masyarakat melalui SMS (Short Message Service). Sistem tersebut tidak menggunakan parameter curah hujan untuk memprediksi kejadian banjir [4].

Artikel ini bertujuan untuk membangun sebuah sistem pengumpulan data intensitas hujan berbasis IoT. Sistem ini dapat memonitoring tingkat intensitas hujan serta memberikan peringatan dini banjir pada sistem. Sensor-sensor yang berfungsi untuk menghitung curah hujan, ketinggian air akan diproses oleh mikrokontroler yang akan menghitung klasifikasi ancaman banjir. Sistem akan memberikan input data berdasarkan klasifikasi ancaman ke *Geographic Information System* (GIS), sehingga GIS dapat menampilkan koordinat dan klasifikasi

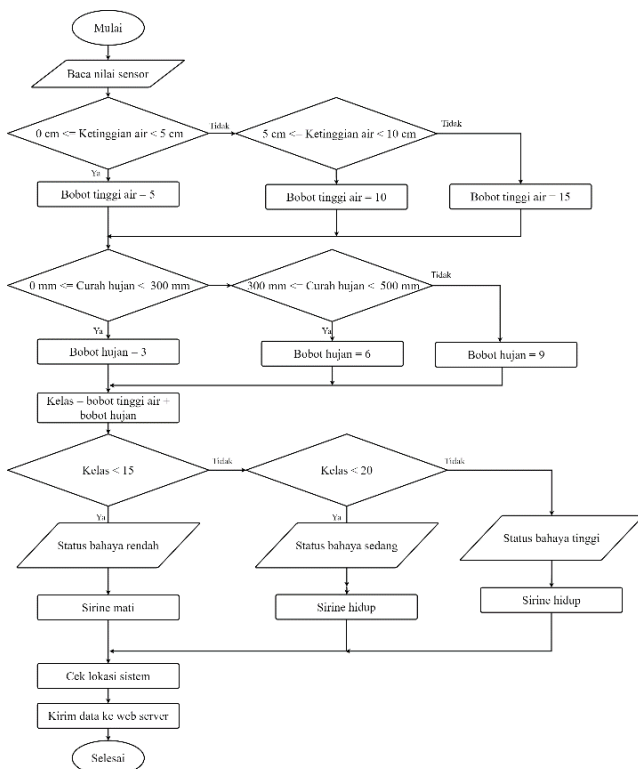
ancaman kepada instansi terkait dan masyarakat. Dengan adanya sistem ini, diharapkan instansi terkait dan masyarakat dapat dengan mudah mengetahui keadaan daerah tersebut sehingga dapat mengurangi/ menghindari kerugian akibat banjir.

METODE

Rancangan sistem secara umum ditunjukkan pada Gambar 1. Sistem terdiri dari 9 komponen perangkat keras dan 3 perangkat lunak yaitu database, GIS dan pemrograman untuk Arduino Uno. Sumber daya yang digunakan berasal dari aki 12 V yang terhubung dengan stepdown lalu diteruskan sebagai sumber daya ke Arduino dan terhubung ke Relay sebagai penyambung dan pemutus daya untuk sirene. Arduino mendapatkan data input dari sensor rain gauge, dan sensor ultrasonic, selanjutnya data dikirimkan menggunakan modul GSM SIM800L.



Gambar 8 Rancangan sistem



Gambar 9 Alur proses

Gambar 2 merupakan alur sistem secara keseluruhan, yaitu proses dimulai dengan membaca nilai tingkat curah hujan dan ketinggian air menggunakan sensor rain gauge dan sensor ultrasonic. Ketika nilai sensor ultrasonic dan nilai sensor rain gauge didapatkan, masing – masing nilai sensor tersebut diberi nilai bobot untuk

menentukan tingkat kemungkinan banjir yang akan terjadi. Jika potensi banjir rendah maka sirinnya mati, jika potensi banjir sedang sirine akan hidup, dan potensi banjir tinggi sirine juga akan menyala. Selanjutnya Modul GSM akan mengirim data yang telah didapat ke web server dan melalui sms. Data yang dikirimkan oleh Modul GSM akan menjadi input data untuk aplikasi GIS.

Pembacaan ketinggian air

Pembacaan ketinggian air dilakukan menggunakan sensor ultrasonik. Sensor ultrasonik, merupakan sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara, dimana sensor menghasilkan gelombang suara yang kemudian menangkapnya kembali dengan perbedaan waktu sebagai dasar pengindraannya. Perbedaan waktu antara gelombang suara yang dipancarkan dan yang diterima kembali adalah berbanding lurus dengan jarak atau tinggi objek yang memantulkannya. Jenis objek yang dapat diindranya adalah padat, cair dan butiran[5]. Jarak antara sensor dengan objek yang direfleksikan dapat dihitung menggunakan Persamaan (2). Dimana, L = jarak benda dengan sensor; t = waktu pengukuran; dan c = cepat rambat suara (340 m/s).

$$L = \frac{1}{2} \cdot t \cdot c \dots\dots\dots (2)$$

Pembacaan Intensitas Hujan

Pengukuran hujan pada prinsipnya adalah mengukur ketinggian air hujan yang jatuh pada bidang luasan tertentu. Ketinggian air hujan dapat dihitung jika kita mengetahui volume air hujan yang masuk pada bidang luasan yang sudah diketahui luasnya. Untuk menghitung ketinggian air hujan yang jatuh pada bidang dengan luasan tertentu dapat digunakan Persamaan (1) dimana H adalah ketinggian curah hujan (mm), V adalah volume (ml), dan L adalah luas bidang (cm²).

$$H = \frac{V}{L} \times 10 \dots\dots\dots (1)$$

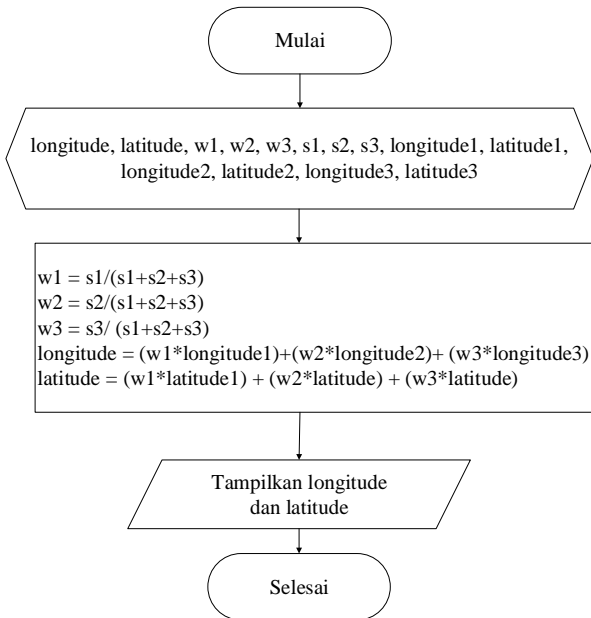
Salah satu sensor yang dapat digunakan untuk mengukur intensitas hujan yaitu sensor Rain gauge. Sensor ini merupakan sensor curah hujan sama halnya seperti cara kerja limit witch. Pada saat air hujan mengisi dan memenuhi corong jungkat-jungkit dan air akan tumpah setelah corong terisi penuh. Tumpahan air akan mengakibatkan kontaktor switch akan terlepas sesaat Normali Open (NO) dan kembali tertutup setelah magnet manjauhi magnetik switch. Keadaan NC yang terjadi itu dimanfaatkan untuk memberikan informasi pada program arduino sebagai aktif LOW. Setiap kali magnetik switch terlepas, maka akan men-counter 1 x (satu kali) kontak / 1 pulsa. 1 kali kontak/1 pulsa sama dengan 0.053 inch (1.346 mm) air hujan [6].

Penentuan Lokasi

Gambar 3 menampilkan proses yang terjadi dalam penentuan lokasi menggunakan modul GSM. Penentuan lokasi dilakukan dengan metode GSM Triangulasi atau triangulation process positioning. Triangulation Proses positioning berbasis Cell ID melibatkan perhitungan triangulasi apabila dilakukan secara realtime. Trangulasi adalah sebuah metode yang dapat digunakan untuk menentukan posisi dari suatu perangkat dengan menggunakan perhitungan dari tiga buah Base Transceiver Station (BTS) yang paling dekat dengan perangkat yang akan

dilacak. Metode ini dapat dilakukan jika perangkat tersebut tersambung dengan BTS atau sedang melakukan komunikasi [7].

Pada Gambar 3, Longitude merupakan variabel nilai bujur; latitude adalah variabel nilai lintang; s1 adalah variabel nilai kuat sinyal tower 1; s2 adalah variabel nilai kuat sinyal tower 2; s3 adalah variabel nilai kuat sinyal tower 3; w1 adalah variabel rasio tower 1; w2 adalah variabel rasio tower 2; w3 adalah variabel rasio tower 3.



Gambar 10 Proses pencarian lokasi

Pada artikel ini digunakan Modul GSM SIM800L. Modul ini merupakan suatu modul GSM yang dapat mengakses GPRS untuk pengiriman data ke internet dengan sistem M2M. AT-Command yang digunakan pada SIM800L mirip dengan AT-Command untuk modul-modul GSM lain. Modul SIM800L memiliki dimensi yang kecil sehingga lebih cocok untuk diaplikasikan pada perancangan alat yang didesain portable. SIM 800L memiliki Quad Band 850/900/1800/1900 MHz dengan dimensi kecil yaitu ukuran 15.8 x 17.8 x 2.4 mm dan berat: 1.35g. SIM 800L memiliki konsumsi daya yang rendah dengan rentang tegangan power supply 3.4 ~ 4.4 v [8].

Pengiriman data ke web server

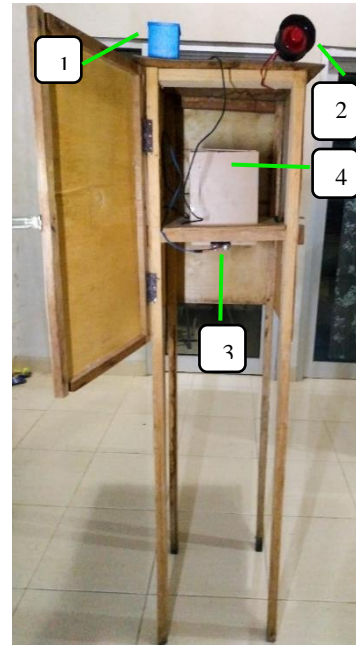
Seperti yang telah dinyatakan pada Gambar, bahwa proses pengiriman dilakukan menggunakan modul GSM. Modul ini akan mengirimkan data ke web server, dalam hal ini adalah Thingspeak. Thingspeak adalah jenis database yang bersifat opensource IoT server yang disediakan oleh Thingspek.com. Thingspek dapat digunakan untuk pengumpulan data secara real-time, memproses data, dan menggambarkan data secara sederhana

GIS adalah sistem terkomputerisasi yang menyediakan 4 (empat) fungsi untuk menangani informasi bereferensi geografis, meliputi entri data, pemrosesan atau pengelolaan (penyimpanan atau pengambilan), pemrosesan dan analisis, dan pencetakan. Di dalam GIS data tersimpan dalam format digital, jumlah data yang besar dapat tersimpan dan diambil kembali secara cepat dan efisien. Keunggulan GIS lainnya adalah kemampuan memanipulasi data dan analisis data spasial dengan mengaitkan

data atau informasi atribut untuk menyatukan tipe data yang berbeda kedalam suatu analisis tunggal[9] [10][11].

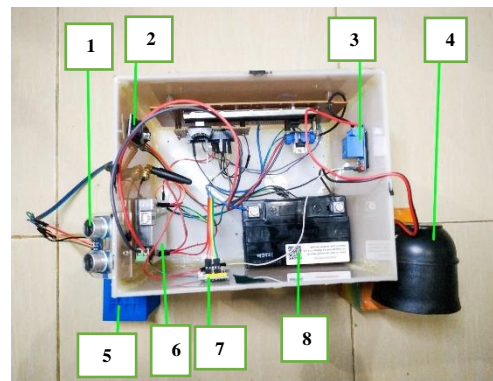
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari sistem ini ditunjukkan pada Gambar 4. Dimana (1) merupakan sensor rain gauge; nomor 2 merupakan sirine; 3 merupakan sensor ultrasonic; dan 4 Kotak komponen yang berisi berbagai komponen yang digunakan, dijelaskan pada Gambar 5.



Gambar 11 Implementasi sistem (tampak luar)

Gambar 5 menunjukkan tampak dalam pada kotak komponen. Dimana: (1) sensor ultrasonic; (2) RTC ; (3) Relay ; (4) Sirene; (5) Sensor rain gauge; (6); Arduino Uno; (7) Modul GSM SIM800L; (8) Aki 12v .



Gambar 5 Implementasi sistem (tampak dalam)

Pengujian Sensor Ultrasonic

Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan data hasil pembacaan sensor ultrasonic dengan pengukuran secara manual menggunakan mistar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa terdapat sebesar perbedaan hasil pembacaan sensor dengan pengukuran manual dengan rata-rata error sebesar 8.341 %. Error terbesar yaitu sebesar 2 cm pada jarak pengujian dengan mistar sebesar 22 cm.

Tabel 2 Hasil pengujian sensor ultrasonik

No	Sensor Ultrasonic (CM)	Mistar (CM)	Selisih (CM)	Error(%)
1	0	0	0	0
2	4,2	5	0,8	16
3	7,55	8	0,45	5,62
4	9	10	1	10
5	10,92	12	1,08	9
6	12,5	14	1,5	10,7
7	14,9	16	1,1	6,8
8	16,7	18	1,3	7,2
9	18,2	20	1,8	9
10	20	22	2	9,09
Rata-rata Error			8,341 %	

Pengujian Sensor rain gauge

Pengujian sensor dilakukan dengan cara membandingkan data dari sensor dengan pengukuran secara manual dengan cara meletakkan sensor *rain gauge* dan penampung air hujan di lapangan terbuka. Pengujian dilakukan sebanyak sepuluh kali. Tabel 2 menunjukkan data hasil pengujian sensor rain gauge

Tabel 3 Hasil pengujian sensor rain gauge

No	Rain Gauge (mm)	Pengukur Manual (mm)	Selisih (mm)	Error (%)
1	13,462	16,883	3,421	20,26
2	0,000	1,298	1,298	100
3	0,000	3,246	3,246	100
4	9,422	11,688	2,266	19,38
5	1,346	2,597	1,251	48,17
6	6,731	10,399	3,668	35,27
7	9,422	12,987	3,565	27,45
8	4,038	7,143	3,103	43,46
9	17,497	25,974	8,478	32,64
10	0,000	0,649	0,649	100
Rata-rata Error			52,66 %	

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa pembacaan sensor terendah adalah 0,000mm dan pembacaan terbesar adalah 17,497mm. Rata-rata selisih pengukuran (% *error*) untuk curah hujan adalah 52,66 %.

Pengujian Pengiriman Pesan SMS dengan Modul GSM SIM800L

Pengujian modul GSM SIM800L ini dilakukan sebanyak sepuluh kali percobaan untuk mengirim SMS dari modul GSM SIM800L ke *smartphone*. Percobaan ini dilakukan pengukur waktu dari program dimulai sampai pesan diterima menggunakan *stopwatch*.

Berdasarkan Tabel 3 dimana pengujian modul GSM SIM800L ini dilakukan pengiriman pesan dari sistem ke *smartphone*. Waktu pada tabel adalah waktu proses pengiriman pesan melalui modul GSM SIM800L sampai diterimanya pesan di *smartphone*. Dari

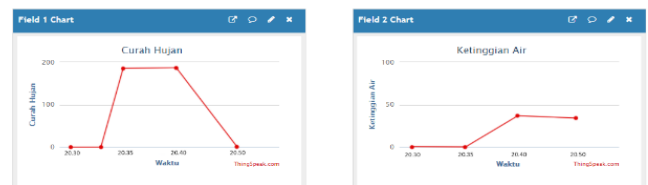
sepuluh kali percobaan didapat waktu pengiriman tercepat adalah 8 detik dan waktu terlama pengiriman adalah 20 detik. Perbedaan waktu itu dipengaruhi oleh kondisi sinyal *operator* yang digunakan dan proses pengolahan data yang dilakukan oleh mikrokontroler. Waktu rata-rata untuk pengiriman SMS dari modul GSM SIM800L ke *smartphone* adalah 7,212 detik dengan waktu rata-rata yaitu 15,1 detik

Tabel 3. Pengujian Pengiriman Pesan SMS dengan Modul GSM SIM800L

Percobaan ke-	Pengirim Modul GSM SIM800L	Penerima Smartphone	Waktu (detik)
1	Dikirim	Diterima	15
2	Dikirim	Diterima	8
3	Dikirim	Diterima	19
4	Dikirim	Diterima	16
5	Dikirim	Diterima	18
6	Dikirim	Diterima	10
7	Dikirim	Diterima	16
8	Dikirim	Diterima	20
9	Dikirim	Diterima	12
10	Dikirim	Diterima	17
Rata – Rata Waktu			15,1

Pengujian Pengiriman Data dengan Jaringan Internet Menggunakan Modul GSM SIM800L

Pengujian pengiriman data menggunakan jaringan internet dilakukan dengan cara mengirim data dengan modul GSM SIM800L ke *database thingspeak*. Gambar 6 merupakan data hasil pembacaan sensor yang dikirim ke *database thingspeak*. Data-data tersebut ditampilkan berdasarkan hasil dari bacaan sensor yang berbanding dengan waktu pembacaan yang didapatkan.



Gambar 6 Hasil pembacaan sensor di Thingspeak

Tabel 4. Pengujian Pengiriman Data dengan Jaringan Internet Menggunakan Modul GSM SIM800L

Percobaan ke-	Pengirim Modul GSM SIM800L	Penerima Thingspeak	Waktu (detik)
1	Dikirim	Diterima	30
2	Dikirim	Diterima	41
3	Dikirim	Diterima	46
4	Dikirim	Diterima	54
5	Dikirim	Diterima	50
6	Dikirim	Diterima	35
7	Dikirim	Diterima	45
8	Dikirim	Diterima	62
9	Dikirim	Diterima	43
10	Dikirim	Diterima	55
Rata – Rata Waktu			46,1

Berdasarkan Tabel 4 dimana pengujian modul GSM SIM800L ini dilakukan pengiriman data dengan jaringan internet dari sistem ke *thingspeak*. Waktu pada tabel adalah waktu proses pengiriman data dengan jaringan internet menggunakan modul GSM SIM800L sampai masuknya data pada *thingspeak*. Dari sepuluh kali percobaan didapat waktu pengiriman tercepat adalah 30 detik dan waktu terlama pengiriman adalah 62 detik. Perbedaan waktu itu dipengaruhi oleh proses yang dilakukan oleh mikrokontroler yaitu mengolah data sensor dan melakukan proses pengiriman SMS terlebih dahulu, dan pengaruh kondisi sinyal *operator* yang digunakan. waktu rata-rata untuk pengiriman data dari modul GSM SIM800L ke *thingspeak* adalah 46,1 detik

Pengujian Mencari Lokasi Menggunakan Modul GSM SIM800L

Berdasarkan Tabel 5 dimana pengujian mencari lokasi menggunakan modul GSM SIM800L. Selisih jarak pada tabel adalah jarak antara lokasi yang didapat dari modul GSM SIM800L dengan lokasi yang didapat dari GPS. Dari sepuluh kali percobaan didapat jarak terdekat adalah 165,75 meter dan jarak terjauh adalah 457,73 meter. Selisih jarak rata-rata untuk pencarian data dengan modul GSM SIM800L adalah 227,909 meter.

Tabel 5. Pengujian Mencari Lokasi dengan Triangulasi Menggunakan Modul GSM SIM800L

No	Tempat	Koordinat Modul GSM SIM800L	Koordinat pada Google maps	Selisih Jarak (Meter)
1	FTI UNAND	-0.916546, 100.458229	-0.915362, 100.460986	457,73
2	Jl.Aru Lubuk Begalung	-0.957539, 100.397774	-0.958442, 100.398698	144,03
3	Parak Karakah	-0.947071, 100.392441	-0.945766, 100.391069	210,93
4	CH UNAND	-0.947071, 100.392441	-0.916709, 100.457947	165,75
5	Gerbang UNAND	-0.925255, 100.445770	-0.922722, 100.448585	381,92
6	Jl.Dr.Moh. Hatta No.10	-0.926230, 100.433846	-0.925845, 100.437148	251,8
7	Simpang Melintang	-0.930322, 100.431610	-0.931968, 100.430064	251,98
8	TELKOM Limau Manih	-0.919186, 100.460007	-0.920321, 100.463809	407,67
9	RS UNAND	-0.919131, 100.454048	-0.920342, 100.456696	324,5
10	Kantor Camat Pauh	-0.938557, 100.432533	-0.939451, 100.433910	182,78

Pengujian Relay dan Sirine

Pengujian relay dan sirene dilakukan untuk mengetahui apakah relay mampu bekerja sesuai perintah dari mikrokontroler, dan sirene dapat berbunyi sesuai dengan nilai (high/low) yang didapat *Relay* dari perintah mikrokontroler. Seperti yang terlihat pada Tabel 6.

Berdasarkan Tabel 6 dapat disimpulkan bahwa *Relay* dan sirene dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan perintah dari mikrokontroler. *Relay* berhasil memutus dan menyambung aliran listrik pada sirene sehingga sirene dapat berbunyi (high) atau tidak berbunyi (low).

Tabel 6. Pengujian *Relay* dan Sirine

Percobaan ke-	Kondisi <i>Relay</i>	Kodisi Sirene	Status
1	1 (High)	Berbunyi	Berhasil(Hidup)
2	0 (Low)	Tidak berbunyi	Berhasil (Mati)
3	1 (High)	Berbunyi	Berhasil (Hidup)
4	0 (Low)	Tidak berbunyi	Berhasil (Mati)
5	1 (High)	Berbunyi	Berhasil (Hidup)
6	1 (High)	Berbunyi	Berhasil (Hidup)
7	1 (High)	Berbunyi	Berhasil (Hidup)
8	0 (Low)	Tidak berbunyi	Berhasil (Mati)
9	0 (Low)	Tidak berbunyi	Berhasil (Mati)
10	1 (High)	Berbunyi	Berhasil (Hidup)

Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian dan analisa sistem secara keseluruhan pada sistem monitoring kemungkinan banjir ini dilakukan dengan cara mengaktifkan seluruh sistem dan memberikan sensor *rain gauge input* data dengan cara menuangkan air pada sensor sebagai pengganti hujan, dan sensor *ultrasonic* diberikan *input* data

dengan menggunakan *styrofoam* sebagai pengganti untuk kenaikan air.

Setelah dilakukan pengujian sebanyak sepuluh kali didapatkan hasil seperti Tabel 7. Berdasarkan tabel tersebut didapatkan bahwa pembacaan ketinggian air paling tinggi adalah 20 cm dan ketinggian air terendah yaitu 0 cm, dan pembacaan curah hujan terbesar yaitu 532,65 mm dan curah hujan terkecil yaitu 0,00mm.

Tabel 7. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

No	Tinggi Air	Curah Hujan	Status	Sirene	Data dengan SMS	Data Dengan Internet	Keterangan
1	0 cm	0,00 mm	Biasa	Tidak Berbunyi	Terkirim	Terkirim	Berhasil
2	0 cm	50,51 mm	Biasa	Tidak Berbunyi	Terkirim	Terkirim	Berhasil
3	8 cm	65,15 mm	Biasa	Tidak Berbunyi	Terkirim	Terkirim	Berhasil
4	-	-	-	-	error	error	Data Tidak Terkirim
5	10 cm	300,13 mm	Waspada	Berbunyi	Terkirim	Terkirim	Berhasil
6	-	-	-	-	error	error	Data tidak terkirim
7	-	-	-	-	error	error	Data Tidak Terkirim
8	15 cm	532,65 mm	Bahaya	Berbunyi	Terkirim	Terkirim	Berhasil
9	13 cm	487,24 mm	Bahaya	Berbunyi	Terkirim	Terkirim	Berhasil
10	20 cm	498,12 mm	Bahaya	Berbunyi	Terkirim	Terkirim	Berhasil

Setelah dilakukan 10 kali percobaan didapatkan bahwa 7 kali percobaan dengan keterangan berhasil diselesaikan dengan baik dan 3 kali percobaan dengan keterangan tidak berhasil karena terjadi *error* pada pengiriman data dan data sensor tidak diketahui, *error* pada Tabel 4.9 menunjukkan bahwa data tidak terkirim, *error* tersebut dapat terjadi karena sinyal dari modul GSM SIM800L hilang atau lemah pada saat pengiriman sehingga data yang dikirim tidak masuk ke *database*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa pada sistem ini, sensor *rain gauge*, dan sensor *ultrasonic* dapat memberikan *input* data dengan persentase keberhasilan 70 %. Mikrokontroler dapat memproses *input* dari sensor dan menentukan tingkat kemungkinan banjir memiliki persentase keberhasilan 70 % dengan waktu rata-rata pengiriman SMS adalah 15,1 detik. Sistem dapat mengirim data (data *input* dari sensor dan koordinat lokasi) menggunakan modul GSM SIM800L memiliki persentase keberhasilan 70 % dengan waktu rata-rata pengiriman data dengan jaringan *internet* adalah 46,1 detik.

REFERENSI

- [1] Anonim. Tanpa Tahun. *Definisi dan Jenis Bencana*. <https://www.bnpb.go.id/home/definisi.html>. (Diakses pada 4 Februari 2018)
- [2] Candra, Sapto.A. 2017. *Diguyur Hujan Deras 5 Jam, Padang Dikepung Banjir*. <http://nasional.republika.co.id/berita/nasional/daerah/17/09/09/ow0bhx-diguyur-hujan-deras-5-jam-padang-dikepung-banjir>. (Diakses pada 17 Februari 2018)
- [3] Arya, Mohammad. 2017. *Hujan Lebat Sebabkan Banjir dan Longsor di Padang*. [http://padangkita.com/hujan-](http://padangkita.com/hujan-lebat-sebabkan-banjir-dan-longsor-di-padang/)

- [lebat-sebabkan-banjir-dan-longsor-di-padang/](#). (Diakses pada 17 Februari 2018)
- [4] Idris, Sri Anita. 2013. *Perancangan Sistem Peringatan Dini Banjir Secara Real Time Berbasis Modem GSM*. Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Teknologi Informasi. Universitas Andalas. Padang
- [5] Hani, Slamet. Sensor Ultrasonik SRF05 Sebagai Memantau Kecepatan Kendaraan Bermotor. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri. IST AKPRIND. Yogyakarta.
- [6] Evita, M, dkk.2010. Alat Ukur Curah Hujan Tipping-Bucket Sederhana dan mudah berbasis Mikrokontroler. Vol 2(2),2010, Hal. 69-77. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- [7] Sukriansyah, Edi, dkk. 2013. Prototipe Arduino Untuk Sistem Identifikasi Lokasi Berbasis GPRS. Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro 2013. Megister Teknik Elektro, Universitas Syiah Kuala.
- [8] Ajie, Pulung Aribowo, dkk. Global System for Mobile Communication (GSM). Jurusan Teknik Elektro FT UGM. Yogyakarta.
- [9] Triandi, Putra Andra. 2015. Jenis Data Dalam Sistem Informasi Geografis .<http://labgis.si.fti.unand.ac.id/jenis-data-dalam-sig/>. (Diakses pada 4 September 2018)
- [10] Putra, Roni Wahyu, Haris Suryamen. 2019. *Sistem Monitoring Tanah Longsor Berbasis Internet of Things dan Geographic Information System*. JITCE (Journal of Information Technology and Computer Engineering), 3(02), 70-77.
- [11] Putra, Roni, Zaini, Era Madona, Anggara Nasution. 2016. *Desain Dan Implementasi Peringatan Dini Banjir Menggunakan Data Mining Dengan Wireless Sensor Network*. JNTE (Jurnal Nasional Teknik Elektro), 5(02), 2302 – 2949.