

DESAIN DAN SIMULASI SISTEM DETEKSI CURAH HUJAN DAN KETINGGIAN AIR BERBASIS IoT

DESIGN AND SIMULATION OF RAINFALL AND WATER LEVEL DETECTION SYSTEM BASED ON IoT

Raihan Giffary Adzani¹, Ir. Ahmad Tri Hanuranto, M.T.², Dr. Doan Perdana, S.T., M.T.³
^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom
¹raihangiffary@telkomuniversity.ac.id, ²athanuranto@telkomuniversity.co.id,
³doanperdana@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Bencana alam, adalah sebuah fenomena alam yang berdampak merugikan bagi umat manusia. Salah satu bencana alam yang sering terjadi di khususnya wilayah Kabupaten Bandung, adalah banjir yang salah satunya disebabkan oleh intensitas curah hujan yang tinggi dan saluran air/sungai yang tidak lancar karena terjadinya pengendapan di dasar sungai, saluran air, atau waduk. Seiring dengan berkembangnya teknologi, dibuatlah sebuah sistem peringatan dini banjir, sebagai bagian dari sebuah sistem manajemen bencana, dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk tindakan-tindakan preventif pra-bencana seperti monitoring, sistem peringatan dini yang di dukung oleh berbagai macam sensor. Menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor ultrasonik dan *rain gauge* untuk mendeteksi intensitas curah hujan yang turun dan ketinggian dari air. Setelah data hasil pengukuran sensor diterima, data akan dibaca oleh ESP32, yang kemudian dengan koneksi internet akan meneruskan data ke Telegram sebagai platform pemberitahuan peringatan dini, dan akan disimpan di dalam *Firebase* dan aplikasi android yang dapat digunakan sebagai sebuah sistem monitoring. Untuk itu, dilakukan sebuah simulasi pengukuran intensitas curah hujan dan ketinggian muka air dengan masing-masing parameternya adalah curah hujan 1mm/jam, dan ketinggian air dalam cm, yang kemudian akan diklasifikasikan dan kemudian dikirim sebagai sebuah status banjir. Kemudian akan dilakukan juga analisis dari kualitas jaringan dari desain sistem deteksi curah hujan dan ketinggian air berbasis IoT dengan parameter berupa *delay*, *jitter*, dan *throughput*. Dalam penelitian ini didapatkan nilai rata-rata *delay* 0.03 detik, rata-rata *jitter* 0.01 detik, dan nilai rata-rata *throughput* 2.997 byte/s.

Kata Kunci: Banjir, Curah Hujan, Sistem Peringatan Dini, Mikrokontroler, *Internet of Things*.

Abstract

Natural disasters, are natural phenomena that have a detrimental impact on humanity. One of the natural disasters that often occur in the area of Bandung Regency, especially, is that flooding is caused by the intensity of high rainfall and river flows that are not smooth due to sedimentation in river beds, waterways, or reservoirs. As technology develops, a flood early warning system is developed, as part of a disaster management system, using Internet of Things (IoT) technology for pre-disaster preventive measures such as monitoring, early warning systems supported by various sensors. Using ESP32 microcontroller, ultrasonic sensor and rain gauge to detect the intensity of rainfall and water level. After the sensor measurement data is received, the data will be read by ESP32, which then with an internet connection will forward the data to Telegram as an early warning platform, and will be stored in Firebase and android applications that can be used as a monitoring system For this reason, a simulation of measurements of rainfall intensity and water level is carried out with each parameter being rainfall 1mm / hour, and water level in cm, which will then be classified and then sent as a flood status. Then an analysis of the network quality of the IoT-based rainfall and water level detection system will also be carried out

with parameters such as delay, jitter, and throughput In this research, the average delay is 0.03 seconds, the average jitter is 0.01 seconds, and, the average value of throughput is 2.997 byte/s.

Keywords: Flood, Rainfall, Early Warning System, Microcontroller, Internet of Things.

1. Pendahuluan

Berdasarkan data dari Badan Informasi Geospasial (BIG), Indonesia memiliki total luas daerah sebesar 5.180.053 Km², yang terdiri atas 13.466 pulau, yang 37,2% wilayahnya adalah daratan, dan 62,9% nya adalah perairan. Pulau-pulau di Indonesia terbentuk atas 3 lempeng tektonik dunia, yaitu lempeng Australia, lempeng Pasifik, dan lempeng Eurasia. Kondisi tersebut menyebabkan Indonesia menjadi salah satu negara yang mempunyai potensi tinggi terhadap bencana gempa bumi, tsunami, letusan gunung api dan tanah longsor [2]. Perubahan iklim yang semakin ekstrim, peningkatan degradasi lingkungan dan fenomena geologi yang semakin dinamis, akan membuat bencana alam di Indonesia semakin meningkat. Untuk meminimalisir risiko dan/ atau dampak yang diakibatkan oleh terjadinya berbagai macam bencana alam di Indonesia seperti korban jiwa, kerugian ekonomi dan kerusakan sumber daya alam, dibutuhkan *Disaster Management System* yang baik, mulai dari mitigasi struktural dan mitigasi non-strukturalnya, perlindungan dan evakuasinya, urusan pencarian dan penyelamatan, sampai ke pemulihan pasca bencana yang terjadi. Sayangnya, upaya mitigasi dan tanggap darurat bencana di Indonesia cenderung lambat, dan koordinasi antar lembaga yang terkait cenderung lemah, masih menjadi suatu masalah di Indonesia [3]. Padahal, penanganan bencana yang buruk, terutama pada proses mitigasi, dapat menyebabkan kerugian besar bagi negara, seperti yang terjadi di Yogyakarta pasca gempa 2006 lalu [4]. Terlebih lagi dalam 1 tahun, warga yang tinggal di bantaran Sungai Citarum, warga di Kecamatan Baleendah bisa mengalami banjir 10 kali. Dengan kondisi topografi yang cekung, dan dasar sungai yang dangkal harus dilakukan penanganan yang komprehensif, yang meliputi seluruh aspek termasuk manajemen bencana yang cepat dan efektif berupa sistem peringatan [5]. Seiring dengan populernya *Internet of Things* (IoT) di dunia, Indonesia seharusnya bisa menerapkan teknologi IoT. IoT merupakan teknologi yang dapat menghubungkan suatu peralatan dengan Internet untuk menjalankan berbagai fungsi termasuk pemanfaatannya pada sistem peringatan dini bencana. Oleh karena itu, dengan penggunaan berbagai jaringan sensor nirkabel, *Sistem Deteksi Curah Hujan dan Ketinggian Air Berbasis IoT* kedepannya akan memudahkan koordinasi antar lembaga yang terkait dalam hal penanganan bencana [6], dan mempercepat respon dari tiap lembaga/warga sekitar setelah terdeteksinya sebuah bencana, untuk bersiap dalam penanganan sebelum terjadinya bencana yang kedepannya dapat di terapkan untuk banjir yang sering terjadi.

2. Dasar Teori

2.1 Manajemen Bencana

Menurut UU No 24 Tahun 2007, manajemen bencana adalah suatu proses dinamis, berlanjut, dan terpadu untuk meningkatkan kualitas langkah-langkah yang berhubungan dengan observasi dan analisis bencana serta pencegahan, mitigasi, kesiapsiagaan, peringatan dini, penanganan darurat, rehabilitasi dan rekonstruksi bencana.[5]

2.2 Disaster Management System

Adalah sebuah skema perencanaan penanganan bencana yang berbicara soal bagaimana caranya untuk mengurangi suatu dampak dari bencana itu sendiri.[5]

2.3 Banjir

Banjir dapat berupa genangan pada lahan yang biasanya kering seperti pada lahan pertanian, permukiman, pusat kota. Banjir dapat juga terjadi karena debit/volume air yang mengalir pada suatu sungai atau saluran drainase melebihi atau diatas kapasitas pengalirannya.[6]

2.4 Curah Hujan

Curah hujan adalah, jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm). Curah hujan juga dapat diartikan sebagai jumlah air hujan yang terkumpul di tempat datar yang tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir setelah hujan turun.

2.5 ESP-32

Mikrokontroler ESP32 adalah sebuah board development kit untuk aplikasi Internet of Things, yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik yang dibekali dengan perangkat Wi-Fi dan bluetooth didalamnya.[7]

2.6 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sensor yang pengukurannya berbasis sifat-sifat gelombang akustik yang memiliki frekuensi lebih besar dari 20.000 Hz, yaitu 40.000 Hz. Sensor ultrasonik akan menghasilkan gelombang bunyi yang memiliki pulsa berfrekuensi tinggi dan menangkap kembali bunyi hasil pantulan dengan permukaan suatu benda berupa pulsa echo.[8]

2.7 Rain Gauge

Rain Gauge adalah sebuah sensor yang digunakan untuk mengukur curah hujan dengan sistem tipping bucket yang setiap tipnya memiliki luas 0,053 inch hujan, atau 1,346mm. Dengan tegangan 5 volt, terdapat pin sensor yang terdiri dari 3 yaitu *ground*, *data*, dan *vcc*.

2.8 Tipping Bucket Sensor

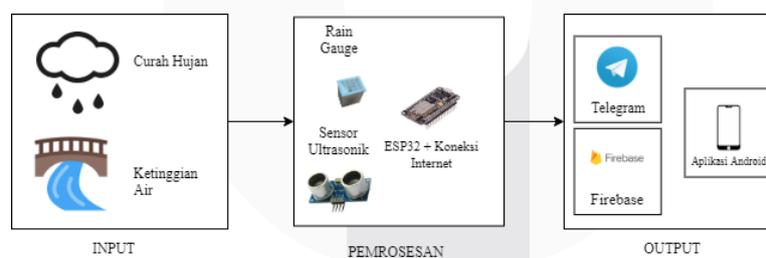
Sensor yang menggunakan tip yang akan berjungkit dan kemudian tumpah jika terisi penuh air untuk menampung air hujan yang masuk melalui corong, yang kemudian akan dapat menghitung curah hujan dengan cara membandingkan curah hujan 1 mm, dengan volume air yang seharusnya bisa ditampung dalam tipping bucket.[9]

2.9 Telegram

Telegram adalah sebuah aplikasi pesan instan, *cloud-based* yang fokus pada kecepatan dan keamanan yang juga mendukung *end-to-end encrypted voice calls*, *open API*, dan juga menyediakan Bot API untuk dapat dimanfaatkan siapa saja termasuk pengembang.

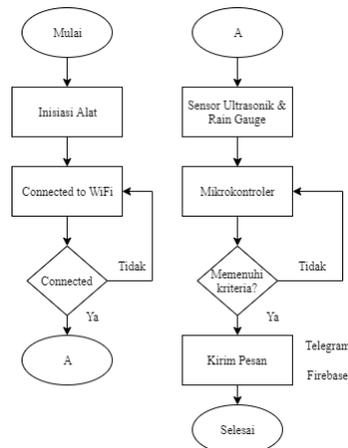
3. Diagram Blok dan Pembahasan

Adapun blok diagram alat yang akan dirancang adalah pada gambar 5:



Gambar 1 Diagram Blok

3.1 Perancangan Sistem Keseluruhan



Gambar 2 Flowchart

Dimulai dengan perekaman yang dilakukan oleh rain gauge dan sensor ultrasonik yang kemudian data yang telah direkam diproses oleh ESP32. Jika data yang masuk memenuhi kriteria, data akan dikirimkan ke Telegram dan Firebase secara real-time. Jika tidak memenuhi kriteria, sensor akan mengulangi proses perekaman sampai data yang dibaca memenuhi kriteria.

3.2 Pengujian Sensor Ultrasonik

Tabel 1 Hasil Pengukuran Jarak Sensor Ultrasonik

Jarak yang Diukur	Jarak yang terukur (cm)					Rata-rata	Error	Akurasi
	1st	2nd	3rd	4th	5th			
5 cm	4,64	4,28	4,71	5,18	4,28	4,61	12,36%	87,64%
10 cm	9,38	9,93	9,98	9,98	9,64	9,78	2,18%	97,82%
20 cm	16,3	16,7	16,3	16,3	17,2	16,60	16,97%	83,03%
30 cm	27	27	27,3	27,3	27,5	27,27	9,1%	90,9%
40 cm	36,7	36,2	36,4	36,1	36,4	36,48	8,95%	91,035%

Tabel 1 Tabel Status Ketinggian Air

Ketinggian Air (cm)	Status Ketinggian Air
30-40	Aman
30-20	Waspada
20-10	Siaga
10-5	Terjadi Banjir

3.3 Perancangan Perhitungan Curah Hujan

Perangkat keras penghitung curah hujan dapat menghitung nilai curah hujan ketika hujan turun dengan menggunakan Rain Gauge. Pada Rain Gauge terdapat Hall Effect Sensor yang berfungsi sebagai pemberi nilai keluaran digital pada Rain gauge.

Kalibrasi yang bisa dilakukan pada Rain Gauge, membandingkan volume tipping bucket dengan curah hujan 1 mm. Curah hujan 1 mm menyatakan bahwa pada luasan 1 m² terdapat air setinggi 1 mm atau sebanyak 1 Liter.[8]

$$\begin{aligned}
 \text{Volume } (V_1) &= \text{Luas } (A_1) \times \text{Tinggi} & (1) \\
 &= 1 \text{ m}^2 \times 1 \text{ mm} \\
 &= 1 \text{ m}^2 \times 0.001 \text{ m} \\
 &= 0.001 \text{ m}^3 / 1 \text{ Liter}
 \end{aligned}$$

Corong pada *rain gauge* memiliki bentuk persegi dengan panjang sebesar 5.4 cm dan lebar 3.6 cm. Sehingga luas permukaan Tipping Bucket dapat dicari dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned} \text{Luas (A}_2\text{)} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} & (2) \\ &= 5.4 \text{ cm} \times 3.6 \text{ cm} \\ &= 19.44 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Volume tipping bucket dapat ditentukan dengan perbandingan[15] (sitasi) seperti berikut:

$$\begin{aligned} A_2 &= 1 \text{ m}^2 / 10.000 \text{ cm}^2 & (3) \\ V_1 &= 1 \text{ Liter} / 1000 \text{ mL} \\ A_2 &= 19.44 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk itu, nilai volume *tipping bucket* (V_2) dapat dilihat seperti dibawah ini:

$$\begin{aligned} V_2 &= \frac{A_2}{A_1} \times V_1 & (4) \\ V_2 &= \frac{19,49 \text{ cm}^2}{10.000 \text{ cm}^2} \times 1000 \text{ mL} \\ V_2 &= 1,944 \text{ mL} \end{aligned}$$

Dalam kata lain, bila air dituangkan sebanyak 1.944 mL pada 1 *tipping bucket*, maka akan terjadi satu kali jungkitan.

3.4 Pengujian Volume Rain Gauge

Pengujian dilakukan menggunakan alat bantu gelas ukur dimulai dari 0.8 mL dengan penambahan 0.2 mL hingga menghasilkan satu jungkitan. Adapun hasil dari pengujian volume air *tipping bucket* pada *Rain Gauge* dengan gelas ukur dengan kondisi, jika pada tingkatan tertentu tidak terjadi jungkitan, maka akan ditulis “Tidak Berjungkit”, jika terjadi satu jungkitan akan ditulis “Berjungkit” sesuai Tabel 3 berikut ini:

Tabel 2 Pengujian Volume Tipping Bucket Rain Gauge

Volume Air Gelas Ukur (mL)	Nilai 1x Tip
0,8	Tidak Berjungkit
1	Tidak Berjungkit
1,2	Tidak Berjungkit
1,4	Tidak Berjungkit
1,6	Tidak Berjungkit
1,8	Tidak Berjungkit
2	Tidak Berjungkit
2,2	Tidak Berjungkit
2,4	Tidak Berjungkit
2,6	Berjungkit

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan Tabel 4.3, pengujian volume air pada *tipping bucket* pada *Rain Gauge* membutuhkan 2,6 mL air untuk setiap 1 kali jungkitan. Perhitungan untuk 1 tip jungkitan sebesar 1.944 mL dengan membandingkan volume yang dapat tertampung pada *tipping bucket* dengan volume curah hujan 1 mm yang kemudian resolusi yang didapatkan pada *Rain Gauge* adalah:

$$\text{Resolusi} = \frac{2,6 \text{ mL}}{1,944 \text{ mL}} \times 1 \text{ mm} = 1,337 \text{ mm}$$

Yang berarti, jika terjadi 1 jungkitan dengan volume air sebesar 2,6mL pada rain gauge, maka itu akan sama dengan 1,337 mm.

3.5 Pengujian Kesalahan Rain Gauge

Data yang dikirim dalam setiap jungkitan bernilai 1.33 mm. Sehingga, jumlah jungkitan yang harusnya didapatkan sebesar 38 tip pada setiap percobaan. pengujian kesalahan pada *Rain Gauge* dilakukan sebanyak 5 kali. Hasil pengujiannya seperti pada Tabel 4 berikut ini:

Tabel 3 Pengujian Kesalahan Rain Gauge

Nilai Air (mL)	Jumlah Tip Seharusnya	Nilai Tip (mm)	Jumlah Tip Firebase	Selisih	Persentase
100	38	45.22	34	4	10,5%
100	38	46.55	35	3	7,8%

100	38	46.55	35	3	7,8%
100	38	46.55	35	3	7,8%
100	38	47.88	36	2	5,2%
Rata-rata kesalahan					7.82%

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada *Rain Gauge* pada tabel 4, rata-rata kesalahan pada *Rain Gauge* dalam 5 kali percobaan ialah sebesar 7.82%

3.6 Pengujian Keseluruhan Sistem Deteksi Curah Hujan dan Ketinggian Air Berbasis IoT

Kriteria intensitas curah hujan di wilayah Indonesia, di kategorikan menurut BMKG, akan dijelaskan dibawah tiap tabel dibawah:

Tabel 5 Tabel Curah Hujan Ringan

Curah Hujan	Ketinggian Air	Status
Ringan	Aman	Tidak Banjir
Ringan	Waspada	Tidak Banjir
Ringan	Siaga	Waspada
Ringan	Awas	Siaga

Kriteria intensitas curah hujan di wilayah Indonesia, menurut BMKG dapat di kategorikan sebagai curah hujan “Ringan”, jika curah hujan yang dihitung memiliki besaran 1-5 mm/jam atau 5-20mm/hari.

Pada tabel 5 telah di buat sebuah klasifikasi untuk menentukan status akhir dari banjir, gabungan 2 buah parameter yaitu curah hujan dan ketinggian air. Pada tabel 4.7 dapat dilihat jika curah hujan yang terhitung oleh sensor hujan masuk kategori “Ringan” dengan ketinggian air yang “Aman” dan “Waspada”, status akhir yang keluar adalah tidak banjir. Jika ketinggian air menyentuh status “Siaga”, status akhir yang keluar adalah “Waspada”. Jika ketinggian air menyentuh status “Awas”, status akhir yang keluar adalah “Siaga”.

Tabel 6 Tabel Curah Hujan Sedang

Curah Hujan	Ketinggian Air	Status
Sedang	Aman	Tidak Banjir
Sedang	Waspada	Waspada
Sedang	Siaga	Siaga
Sedang	Awas	Banjir

Kriteria intensitas curah hujan di wilayah Indonesia, menurut BMKG dapat di kategorikan sebagai curah hujan “Sedang”, jika curah hujan yang dihitung memiliki besaran 5-10 mm/jam atau 20-50mm/hari. Pada tabel 6 telah di buat sebuah klasifikasi untuk menentukan status akhir dari banjir, gabungan 2 buah parameter yaitu curah hujan dan ketinggian air.

Pada tabel 6 dapat dilihat jika curah hujan yang terhitung oleh sensor hujan masuk kategori “Sedang” dengan ketinggian air yang “Aman”, status akhir yang keluar adalah “Tidak Banjir”. Jika ketinggian air menyentuh status “Waspada”, status akhir yang keluar adalah “Waspada”. Jika ketinggian air menyentuh status “Siaga”, status akhir yang keluar adalah “Siaga”. Jika ketinggian air menyentuh status “Awas”, status akhir yang keluar adalah “Banjir”.

Tabel 7 Tabel Curah Hujan Lebat

Curah Hujan	Ketinggian Air	Status
Lebat	Aman	Tidak Banjir
Lebat	Waspada	Siaga
Lebat	Siaga	Siaga

Lebat	Awas	Banjir
-------	------	--------

Kriteria intensitas curah hujan di wilayah Indonesia, menurut BMKG dapat di kategorikan sebagai curah hujan “Lebat”, jika curah hujan yang dihitung memiliki besaran 10-20 mm/jam atau 50-100mm/hari.

Pada tabel 7 telah di buat sebuah klasifikasi untuk menentukan status akhir dari banjir, gabungan 2 buah parameter yaitu curah hujan dan ketinggian air. Pada tabel 7 dapat dilihat jika curah hujan yang terhitung oleh sensor hujan masuk kategori “Lebat” dengan ketinggian air yang “Aman”, status akhir yang keluar adalah “Tidak Banjir”. Jika ketinggian air menyentuh status “Waspada” dan “Siaga”, status akhir yang keluar adalah “Siaga”. Jika ketinggian air menyentuh status “Awas”, status akhir yang keluar adalah “Banjir”.

Tabel 8 Tabel Curah Hujan Sangat Lebat

Curah Hujan	Ketinggian Air	Status
Sangat Lebat	Aman	Tidak Banjir
Sangat Lebat	Waspada	Waspada
Sangat Lebat	Siaga	Banjir
Sangat Lebat	Awas	Banjir

Kriteria intensitas curah hujan di wilayah Indonesia, menurut BMKG dapat di kategorikan sebagai curah hujan “Sangat Lebat” jika curah hujan yang dihitung memiliki besaran >20 mm/jam atau >100 mm/hari.

Pada tabel 8 telah di buat sebuah klasifikasi untuk menentukan status akhir dari banjir, gabungan 2 buah parameter yaitu curah hujan dan ketinggian air. Pada tabel 8 dapat dilihat jika curah hujan yang terhitung oleh sensor hujan masuk kategori “Sangat Lebat” dengan ketinggian air yang “Aman”, status akhir yang keluar adalah “Tidak Banjir”. Jika ketinggian air menyentuh status “Waspada” status akhir yang keluar adalah “Waspada”. Jika ketinggian air menyentuh status “Siaga” dan “Awas”, status akhir yang keluar adalah “Banjir”.

3.7 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem Deteksi Curah Hujan dan Ketinggian Air Berbasis IoT

Berikut ini hasil dari pengujian yang dilakukan, dengan rata-rata awal ketinggian muka air yang dibaca sensor ultrasonik di dalam ember kosong adalah 39,054 cm.

Tabel 9 Hasil Pengujian Keseluruhan

Pengujian 1	Rain Level	Flood Level	Status Air	Status Hujan	Status Banjir
39,03 cm	1,35 mm	38,98 cm	Aman	Ringan	Tidak Terjadi Banjir
Pengujian 2	Rain Level	Flood Level	Status Air	Status Hujan	Status Banjir
38,08 cm	1,35 mm	39,83 cm	Aman	Ringan	Tidak Terjadi Banjir
Pengujian 3	Rain Level	Flood Level	Status Air	Status Hujan	Status Banjir
38,97 cm	2,69 mm	39,3 cm	Aman	Ringan	Tidak Terjadi Banjir
Pengujian 4	Rain Level	Flood Level	Status Air	Status Hujan	Status Banjir
39,03 cm	2,69 mm	38,95 cm	Aman	Ringan	Tidak Terjadi Banjir
Pengujian 5	Rain Level	Flood Level	Status Air	Status Hujan	Status Banjir
39,03 cm	39,03 mm	38,98 cm	Aman	Sangat Lebat	Tidak Terjadi Banjir

3.8 Pengujian Performansi Jaringan (QoS)

Pengujian QoS di lakukan 10 kali dan tiap pengujian dilakukan 2 menit. Dengan hasil rata-rata delay 0.03 detik, rata-rata jitter 0.01 detik, dan rata-rata throughput adalah 2.997 KB.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari jurnal ini adalah:

1. fungsional keseluruhan dari perangkat berjalan dengan baik
2. Rata-rata kesalahan pada rain gauge sebesar 21.86%, sedangkan untuk sensor ultrasonik tiap jarak pengukuran memiliki tingkat kesalahan yang berbeda-beda, secara berurutan 12,36 % pada jarak 5 cm, 2,18% pada jarak 10 cm, 16,97% pada jarak 20 cm, 9,1% pada jarak 30cm, dan 8,95% pada jarak 40 cm.
3. alat terbukti cocok dalam mengklasifikasikan 2 input hasil bacaan sensor dengan kriteria yang telah dibuat, menjadi satu status akhir banjir, dengan dilakukannya 5 kali percobaan, semua status banjir cocok. Namun percobaan terakhir ada kesalahan pada kinerja rain gauge
4. Rata-rata *QoS* yang didapat dari 10 kali, dengan masing-masing pengukuran dilakukan selama 2 menit, menghasilkan rata-rata *delay* 0.03 detik, dengan rata-rata *jitter* 0.01 detik sedangkan untuk throughput mendapatkan nilai rata-rata 2.997 byte/s.

Daftar Pustaka:

- [1] N. Kumar, A. Agrawal, and R. A. Khan, "Emergency Alert Networks for Disaster Management: Applications Perspective," *Proc. 2018 3rd IEEE Int. Conf. Res. Intell. Comput. Eng. RICE 2018*, 2018.
- [2] Ms. S. Asep Ahmad Saefuloh, Robby Alexander Sirait, Redaktur Jesly Yuriaty Panjaitan Ratna Christianingrum Martha Carolina Adhi Prasetyo W Rendy Alvaro, "Buletin APBN," Vol.III, 2018.
- [3] S. Gerintya, "Gempa dan Tsunami: Mitigasi Buruk, Kerugian Tinggi - Tirto.ID," *Tirto.id*, p. 1, 2018.
- [4] MICHAEL HANGGA WISMABRATA, "BNPB: Warga Baleendah dan Majalaya Terkena Banjir 10 Kali dalam Setahun," 2019. [Online]. Available: <https://regional.kompas.com/read/2019/03/08/13233881/bnpb-warga-baleendah-dan-majalaya-terkena-banjir-10-kali-dalam-setahun>. [Accessed: 05-Apr-2019].
- [5] J. John Wellington and P. Ramesh, "Role of Internet of Things in disaster management," *Proc. 2017 Int. Conf. Innov. Information, Embed. Commun. Syst. ICIIECS 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 1–4, 2018.
- [6] A. Rosyidie, "Banjir: Fakta dan Dampaknya, Serta Pengaruh dari Perubahan Guna Lahan," *J. Reg. City Plan.*, vol. 24, no. 3, pp. 241–249, 2013.
- [7] F. N. Iksan and G. Tjahjadi, "PERANCANGAN STOP KONTAK PENGENDALI ENERGI LISTRIK DENGAN SISTEM KEAMANAN HUBUNG SINGKAT DAN FITUR NOTIFIKASI BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)," *J. Elektro*, vol. 11, no. 2, pp. 83–92, 2018.
- [8] A. Khurniawan, S. Aulia, D. N. Ramadan, and S. Pd, "PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI PENGHITUNG CURAH HUJAN," no. mm.
- [9] M. Syahbeni, A. Budiman, R. Syelly, I. Laksana, and Hendra, "Rancang Bangun Pendeteksi Curah Hujan Menggunakan Tipping Bucket Rain Sensor dan Arduino Uno," *Agroteknika*, vol. 1, no. 2, pp. 51–62, 2018.
- [10] "Telegram F.A.Q." [Online]. Available: <https://telegram.org/faq#q-what-is-telegram-what-do-i-do-here>.