

## PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI PENGHITUNG CURAH HUJAN

### *Design and Implementation of Rainfall Counter*

Amri Khurniawan<sup>1</sup>, Suci Aulia, S.T., M.T<sup>2</sup>, Dadan Nur Ramadan, S.Pd., M.T<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi D3 Teknologi Telekomunikasi, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[amrikhurniawanazga3@gmail.com](mailto:amrikhurniawanazga3@gmail.com), <sup>2</sup>[sucia@tass.telkomuniversity.ac.id](mailto:sucia@tass.telkomuniversity.ac.id), <sup>3</sup>[dadan.nr@gmail.com](mailto:dadan.nr@gmail.com)

#### Abstrak

Curah hujan merupakan jumlah air hujan yang turun pada suatu daerah dalam satuan waktu tertentu. Pengukuran curah hujan dikatakan 1 mm apabila dalam suatu luasan 1 m<sup>2</sup> tertampung air setinggi 1 mm tanpa adanya penguapan, meresap, dan mengalir. Variasi setiap hujan berbeda-beda pada setiap daerah sehingga perlu dilakukan pengukuran curah hujan pada setiap lokasi titik-titik pengukuran yang berbeda-beda di daerah tersebut. Data hujan yang tersedia di setiap lokasi hanya terdapat hari hujan atau tidak hujan.

Dengan adanya permasalahan tersebut maka diperlukan sebuah perangkat yang dapat mengukur curah hujan secara *realtime*. Perangkat ini merupakan perangkat penghitung curah hujan secara *realtime* dengan menggunakan *Automatic Rain Gauge* berjenis *tipping bucket*. Metode kalibrasi pada *tipping bucket* adalah perbandingan volume air yang tertampung pada *tipping bucket* dengan curah hujan 1 mm. Agar nilai curah hujan yang didapatkan oleh perangkat keras dapat ditampilkan melalui suatu media informasi secara *realtime*, maka perangkat keras penghitung curah hujan akan terhubung dengan *Firestore Realtime* sebagai database curah hujan.

Perangkat keras penghitung curah hujan yang telah dibuat dapat mempermudah masyarakat luas untuk mendapatkan nilai curah hujan yang terjadi pada daerahnya secara *realtime*. *Resolusi* pada *Hardware* mendapatkan nilai 1.46 mm. Kesalahan pada *tipping bucket* senilai 12%. Kesalahan pendeteksi hujan senilai 0%. Besar data yang digunakan pada *Hardware* sebesar 5.3 Kb. Ketahanan daya pada *Hardware* selama 69 jam. Sehingga *Hardware* dapat menyediakan pemantauan curah hujan secara *realtime*.

**Kata Kunci :** Curah Hujan, *tipping bucket*, resolusi.

#### Abstract

*Rainfall is the amount of rainwater that falls in an area in a certain time unit. Measurement of rainfall is said to be 1 mm if in an area of 1 m<sup>2</sup> water is held as high as 1 mm without evaporation, seep, and flow. The variation of each rain varies in each region so it is necessary to measure rainfall at each location of the different measurement points in the area. Rain data available in each location only has rainy days or no rain.*

*With these problems, we need a device that can measure rainfall in real time. This device is a rainfall counter device in real time using Automatic Rain Gauge type tipping bucket. The calibration method on the tipping bucket is a comparison of the volume of water contained in the tipping bucket with 1 mm of rainfall. In order for the value of rainfall obtained by hardware to be displayed through a medium of information in realtime, the rainfall calculator hardware will be connected with Firestore Realtime as a rainfall database.*

*The hardware of the rainfall counter that has been made can make it easier for the wider community to get the value of rainfall that occurs in the area in realtime. Hardware resolution gets a value of 1.46 mm. 12% bucket tipping error. 0% rain detection error. The amount of data used in Hardware is 5.3 Kb. Power resistance for 69 hours. So that Hardware can provide realtime rainfall monitoring.*

**Keyword:** rainfall, *tipping bucket*, resolution

#### 1. Pendahuluan

Hujan dapat diartikan sebagai suatu peristiwa turunnya titik-titik air dari awan menuju permukaan tanah[16]. Hujan yang sampai di permukaan tanah dapat diukur dengan mengukur tinggi air hujan tersebut berdasarkan volume air hujan per satuan luas. Hasil dari pengukuran tersebut disebut curah hujan. Pengukuran curah hujan dilakukan dengan menggunakan penakar hujan[16]. Pengukuran curah hujan dilakukan dalam satuan luas *millimeter* (mm). Curah hujan dalam satuan *millimeter* (mm) adalah jumlah air hujan dalam liter yang jatuh di permukaan tanah seluas *meter persegi* (m<sup>2</sup>)[1]. Curah Hujan 1 mm berarti pada tempat seluas 1 m<sup>2</sup> terdapat sejumlah air 1 liter. Pada satu daerah memiliki karakteristik hujan yang berbeda-beda pada setiap lokasi dalam daerah tersebut. Sehingga, Pengukuran curah hujan dalam satu daerah perlu dilakukan pada tiap lokasi yang berbeda-beda untuk menentukan nilai air hujan yang turun pada daerah pengukuran curah hujan tersebut.

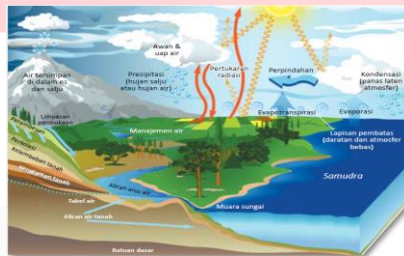
Berdasarkan uraian diatas, maka diperlukan perangkat keras penghitung curah hujan yang bersifat *realtime* dengan kalibrasi yang baik[2][7][15]. Penakar *Tipping Bucket* mempunyai prinsip kerja yang sederhana untuk menentukan nilai atau besar curah hujan secara otomatis pada lokasi yang berbeda[11][15]. Pada penelitian sebelumnya, curah hujan dikatakan 1 mm apabila dalam suatu luasan 1 m<sup>2</sup> tertampung air setinggi 1 mm[16] atau jumlah 1 *Liter*. Sehingga, diperlukan suatu alat penghitung curah hujan yang dapat mengukur volume air hujan yang jatuh ke permukaan tanah.

Oleh karena itu, pada Proyek Akhir ini, dirancang suatu sistem perangkat keras penghitung curah hujan dengan menggunakan modul sensor *Automatic Rain Gauge* berjenis *tipping bucket* yang dapat digunakan untuk menghitung curah hujan yang jatuh ke permukaan tanah dengan satuan nilai *millimeter* (mm). Perangkat keras penghitung curah hujan memiliki fitur *Global Positioning System* (GPS) yang dapat mengetahui lokasi hujan dan mendeteksi kondisi hujan dengan menggunakan *Raindrop Sensor*. Data yang diperoleh bersifat *realtime* dengan fitur database *firebase realtime* sehingga data yang dihasilkan selalu *update* setiap waktu hujan.

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Hujan

Hujan merupakan fenomena alam dalam siklus hidrologi[10]. Hujan dapat diartikan sebagai suatu peristiwa turunnya titik air dari permukaan langit ke permukaan bumi. Hujan terjadi jika butiran air yang terkandung di dalam awan rendah dan awan menengah memiliki jumlah yang besar. Jika pada awan tersebut tidak mampu melawan gaya apung dari udara di bawah nya maka butiran air akan jatuh ke permukaan bumi dengan bentuk air hujan atau salju[8][16]. Siklus air pada bumi terjadi seperti pada Gambar 2.1 berikut ini:



Gambar 2.1 Siklus Air (Source: US Global Change Research Program)

Proses terjadinya hujan dimulai dari penguapan air akibat panas matahari. Kemudian, proses penguapan tersebut menghasilkan uap air dan terbentuklah awan. Selanjutnya, awan tersebut akan terhembus oleh angin dan menyatu dengan awan yang lain sehingga menyebabkan semakin banyaknya butiran air yang terkandung dalam awan tersebut maka perubahan warna awan menjadi kelabu. Apabila butiran air yang terdapat pada awan memiliki massa yang lebih berat dari udara maka air akan jauh dari awan yang disebut sebagai hujan[1].

#### 2.1.1 Curah Hujan

Curah hujan merupakan jumlah air hujan yang turun dari langit menuju permukaan tanah per satuan luas meter persegi (m<sup>2</sup>) dengan catatan tidak ada yang menguap, meresap, dan mengalir. Satuan Curah Hujan yang digunakan adalah *millimeter* (mm)[11]. Curah hujan 1 mm memiliki arti pada luasan 1 m<sup>2</sup> tertampung air sebanyak 1 L atau 1000 mL[1][4][16].

### 2.2 Penakar Curah Hujan

Penakar curah hujan merupakan alat yang digunakan untuk mengukur jumlah curah hujan per satuan luas[16]. Curah hujan 1 mm dalam 1 m<sup>2</sup> artinya dalam luasan satu *meter persegi* terdapat air sebanyak 1 *liter*. Di Indonesia, pengukuran curah hujan dilakukan oleh Badan Meteorologi dan Klimatologi (BMKG) yang memiliki 179 stasiun pemantau cuaca di Indonesia[6]. Penakar curah hujan terdapat 2 jenis[5][10][16] seperti dibawah ini:

#### 1. Alat ukur hujan biasa (*Manual Gauge*)

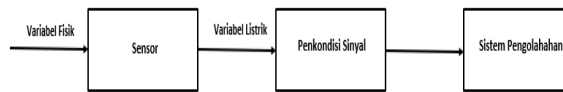
Data hasil pengukuran curah hujan menggunakan *manual gauge*. Alat ukur hujan biasa merupakan hasil pencatatan petugas pencatat curah hujan di setiap periode hujan. *Manual Gauge* ini berupa corong dan gelas ukur yang memiliki fungsi untuk mengukur jumlah air hujan yang tertampung pada gelas ukur melalui corong pada sisi atas gelas ukur[10].

#### 2. Alat Ukur Hujan Otomatis (*Automatic Gauge*)

Data hasil pengukuran curah hujan menggunakan *automatic gauge* merupakan data pencatatan secara berkelanjutan pada alat ukur tersebut. *Automatic gauge* memiliki tiga jenis[10] yaitu *Weighting Bucket Raingauge*, *Float Type Raingauge*, dan *Tipping Bucket Raingauge*.

## 2.3 Sensor

Sensor merupakan perangkat yang digunakan untuk mengubah suatu besaran fisik menjadi besaran listrik sehingga keluaran yang dihasilkan dapat diolah dengan rangkaian listrik atau sistem digital[14] seperti pada Gambar 2.2 dibawah ini:

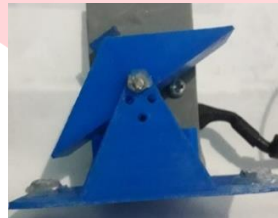


**Gambar 2.2** Blok Fungsional Sensor

Beberapa jenis sensor yang digunakan dalam Proyek Akhir ini adalah sebagai berikut:

### 2.3.1 Tipping Bucket Sensor

Sensor yang menggunakan cawan yang berjungkit secara bergantian untuk mengukur nilai curah hujan[6][7]. *Tipping bucket* memiliki perbedaan nilai untuk mengukur curah hujan pada setiap jenisnya. Akurasi nilai curah hujan didapatkan dengan melakukan kalibrasi pada *tipping bucket*[10][11]. Tingkat akurasi diukur dengan menggunakan gelas ukur untuk menentukan volume yang dapat tertampung pada *tipping bucket*[12]. Metode yang digunakan dalam kalibrasi *tipping bucket* yaitu membandingkan curah hujan 1 mm dengan volume air yang seharusnya bisa tertampung pada *tipping bucket*[10][12]. *Tipping bucket* seperti Gambar 2.3 dibawah ini:



**Gambar 2.3** Prinsip Kerja *Tipping Bucket*

Prinsip kerjanya apabila dalam kondisi hujan maka air hujan akan masuk kedalam corong kemudian akan tertampung pada jungkitan *tipping bucket*. Apabila salah satu sisi jungkitan telah penuh maka akan terjadi jungkitan pada sisi sebelahnya sehingga air yang tertampung akan tumpah dan berganti kepada sisi jungkitan yang lain untuk menampung air[7][10][11].

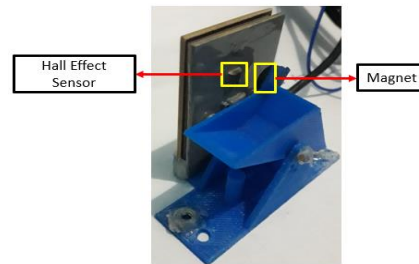
#### 2.3.1.1 Hall Effect Sensor

*Hall effect sensor* merupakan sensor untuk mendeteksi magnet. *Hall effect sensor* akan menghasilkan tegangan dengan kekuatan medan magnet yang dideteksi oleh sensor ini. *Hall effect sensor* seperti pada Gambar 2.4 dibawah ini:



**Gambar 2.4** *Hall Effect Sensor*

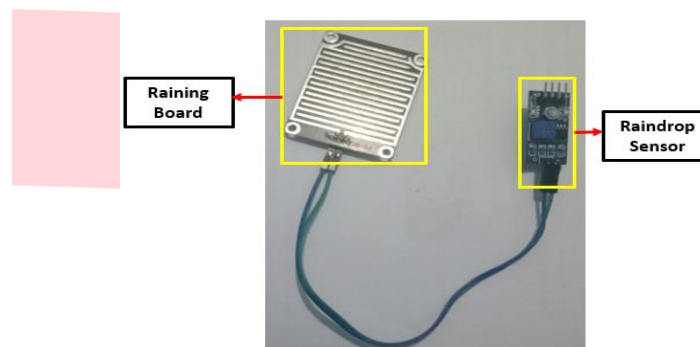
*Hall effect sensor* terdiri dari lapisan silikon dan dua elektroda pada masing-masing sisi elektroda. Sehingga akan menghasilkan tegangan yang berbeda pada output ketika lapisan silikon tersebut dialiri oleh listrik[13]. *Tipping bucket* menggunakan *Hall effect sensor* untuk mencatat jumlah jungkitan selama pengukuran curah hujan. *Hall effect sensor* digunakan pada *tipping bucket* untuk memberikan masukan digital pada mikrokontroler[7][15] yang apabila *Hall effect sensor* didekati oleh magnet yang melekat pada sisi jungkitan *tipping bucket*, maka arus yang mengalir akan berbelok atau mendekati sisi yang dipengaruhi oleh magnet[13]. *Hall Effect Sensor* pada *Tipping Bucket* yang digunakan pada *Hardware* ini seperti pada Gambar 2.5 dibawah ini:



**Gambar 2.5** Hall Effect Sensor Pada Tipping Bucket

### 2.3.2 Raindrop Sensor

*Raindrop sensor* merupakan sensor yang digunakan dalam mendeteksi adanya hujan. Sensor ini dapat digunakan sebagai *switch* ketika tetesan air hujan yang jatuh di *raining board* yang terdapat di *Raindrop Sensor*. *Raindrop Sensor* seperti pada Gambar 2.6 dibawah ini:



**Gambar 2.6** Raindrop Sensor

*Raindrop sensor* memiliki dua nilai keluaran yaitu analog dan digital. Untuk digital *raindrop sensor* akan memberikan logika "1" apabila terdapat tetesan hujan dan memberikan logika "0" apabila tidak terdapat tetesan hujan yang mengenai sensor tersebut. Untuk analog berkisar di angka 0 sampai 1024. Pada pengerjaan Proyek Akhir ini digunakan output digital sebagai *switch* untuk sensor *tipping bucket* melakukan kalkulasi curah hujan. Sehingga, apabila *raindrop sensor* mendeteksi adanya hujan maka perangkat kalkulasi curah hujan akan berstatus *ON* dan jika tidak maka perangkat kalkulasi curah hujan akan berstatus *OFF*.

## 2.4 Global Positioning System

*Global Positioning System* atau GPS merupakan sistem yang dirancang untuk mrnginformasikan lokasi pada penggunaanya di permukaan bumi dengan berbasis sinyal satelit[3].

### 2.4.3. GPS uBlox Neo 6M

*GPS uBlox Neo 6M* merupakan modul GPS yang digunakan untuk menentukan lokasi di permukaan bumi dengan menerima sinyal satelit berupa garis bujur atau *longitude* dan garis lintang atau *latitude*. *GPS uBlox Neo 6M* seperti pada Gambar 2.7 dibawah ini:



**Gambar 2.7** GPS uBlox Neo 6M

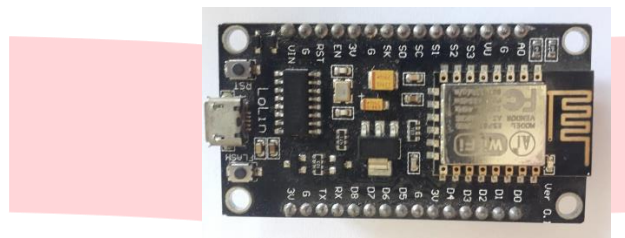
*GPS uBlox Neo 6M* memanfaatkan sinyal satelit L1 C/A Code (1575.42 MHz) yang berada di orbit bumi. Satelit memancarkan sinyal ke bumi yang akan ditangkap oleh Antenna dan diolah dengan modul GPS.

## 2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan susunan dari processor, memori, dan I/O yang terdapat pada satu chip. Mikrokontroler memiliki unit pengolah pusat pengendali mikrokontroler yang dikenal dengan CPU (*Central Processing Unit*) yang menjalankan program dari suatu memori RAM (*Random Access Memori*) atau ROM (*Read Only Memory*). Mikrokontroler memiliki masukan atau keluaran (I/O) yang digunakan untuk komunikasi dua arah contohnya dengan sensor eksternal seperti sensor [14]. Perangkat mikrokontroler dapat terhubung langsung dengan WiFi dan membuat koneksi TCP/IP menggunakan modul WiFi yang disebut *ESP8266*.

### 2.5.1 NodeMCU ESP8266

*NodeMCU ESP8266* merupakan platform IoT yang bersifat *open source*. *NodeMCU* dikembangkan dengan menggunakan bahasa pemrograman Lua untuk membantu dalam membuat *prototype* produk *Internet of Things (IoT)* atau bisa dengan menggunakan *sketch* dengan *ArduinoIDE*. *NodeMCU ESP8266 v3 Lolin* seperti pada Gambar 2.8 berikut ini:



Gambar 2.8 *NodeMCU ESP8266 v3 Lolin*

*NodeMCU* didasarkan pada modul serial WiFi SoC (*Single on Chip*) dengan *on board* USB to TTL dan spesifikasi *wireless* yang digunakan adalah IEEE802.11 b/g/n. Pengembangan kit ini didasarkan pada modul *ESP8266* mengintegrasikan GPIO, PWM (*Pulse Width Modulation*), IIC, dan ADC (*Analog to Digital Converter*). *NodeMCU* berukuran panjang 4.83 cm dan lebar 2.54 cm.

## 2.6 Firebase

*Firebase Realtime Database* merupakan database yang di-host di cloud. Data yang terdapat pada *Firebase realtime* disimpan sebagai JSON dengan sinkronisasi data secara realtime ke setiap klien yang terhubung.

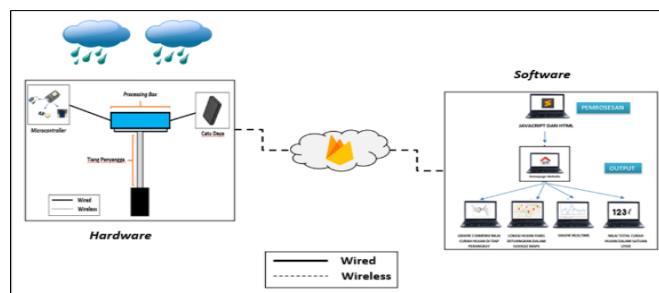


Gambar 2.9 *Firebase*

*Firebase realtime database* merupakan *database NoSQL* yang memiliki kemampuan pengoptimalan dan fungsionalitas yang berbeda. *API Realtime database* dirancang hanya untuk pengoperasian data dengan cepat [9].

## 3. Perancangan

Adapun blok diagram dari sistem keseluruhan penghitung curah hujan seperti pada Gambar 3.1 dibawah ini:

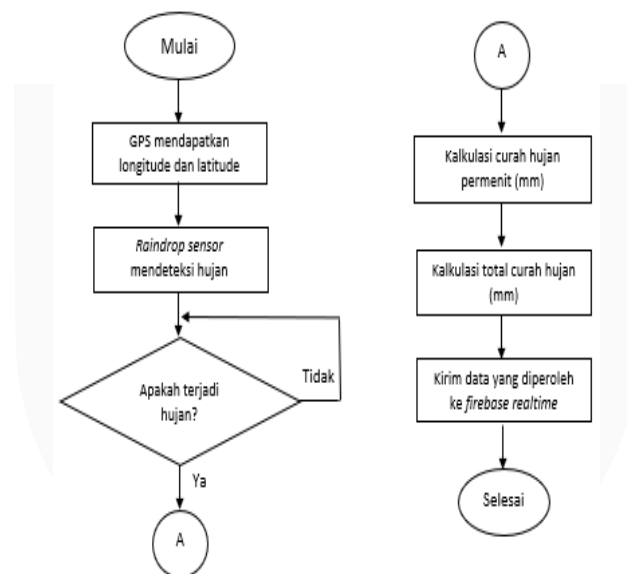


Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Pengukuran Curah Hujan

Pada proyek akhir ini yang dibuat hanya pada bagian *hardware* dari blok diagram sistem pengukuran curah hujan seperti pada Gambar 3.1. Perangkat keras penghitung curah hujan akan terintegrasi dengan *Firestore Realtime* dan perangkat lunak dengan media *Website*. *Website* tersebut sebagai media informasi untuk menampilkan nilai curah hujan yang telah dikirimkan *hardware* ke *Firestore Realtime*. Perangkat keras penghitung curah hujan akan dirancang dengan menggunakan modul mikrokontroler *NodeMCU ESP8266 v3 Lolin* dengan *Tipping Bucket Sensor*, *Raindrop Sensor*, dan *GPS Neo6M u-Blox*. Pemrograman *hardware* menggunakan *software Arduino IDE 1.8.4*. Kemudian *hardware* tersebut akan diintegrasikan dengan *Firestore Realtime*. Sehingga, semua data curah hujan permenit, total curah hujan setiap perangkat *timestamps*, *longitude*, *latitude*, dan status akan tersimpan di *Firestore Realtime*. Data curah hujan permenit dan total curah hujan setiap perangkat akan disimpan sesuai dengan identitas hujan tersebut. Nilai masukan pada *Hardware* berasal dari *Raindrop Sensor* yang mendeteksi air hujan yang jatuh pada *Raining board*. Perangkat keras penghitung curah hujan menggunakan *Microcontroller NodeMCU ESP8266* sebagai pemrosesan data perhitungan curah hujan. Perangkat *GPS Neo6M uBlox* akan mengirimkan *longitude* dan *latitude* ke *Firestore Realtime*. Apabila *Raindrop sensor* mendeteksi kondisi hujan maka *Tipping Bucket Sensor* akan aktif untuk menghitung nilai curah hujan dengan periode waktu setiap 60 detik dan total nilai curah hujan pada *Hardware*. Ketika kondisi hujan, *Hardware* akan membuat otomatis identitas hujan tersebut dan mengirimkannya ke *Firestore Realtime*. Sehingga data pengukuran curah hujan dikirim berdasarkan identitas hujan tersebut. Setiap perangkat keras penghitung curah hujan akan terhubung dengan jaringan internet melalui *Modem Wi-Fi*.

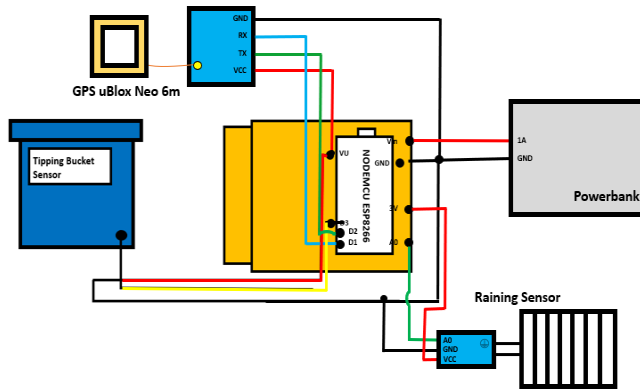
### 3.2 Perancangan Sistem

Pada pengerjaan *hardware* memiliki sistem kerja keseluruhan penghitung curah hujan seperti pada Gambar 3.2 berikut ini:



**Gambar 3.2** Flowchart Sistem Hardware

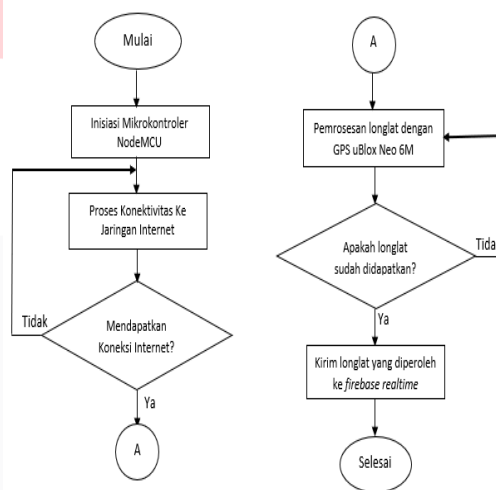
Pada Gambar 3.2 sistem dari *hardware* ini dimulai dengan mengirimkan *longitude* dan *latitude* dari setiap *hardware*. Kemudian, *hardware* akan mendeteksi apakah kondisi hujan atau tidak. Jika pada kondisi Hujan maka *hardware* akan mendeteksi hujan melalui *Raindrop Sensor* dan membuat identitas hujan secara otomatis pada saat kondisi hujan tersebut. Kemudian, *tipping bucket sensor* akan menghitung nilai curah hujan dengan memberikan nilai masukan melalui *hall effect sensor*. Nilai curah hujan akan dihitung dengan interval waktu setiap 60 detik dan total keseluruhan nilai curah hujan dari setiap *hardware* selama periode hujan. Kemudian, hasil dari perhitungan curah hujan selama periode 60 detik dan total keseluruhan nilai curah hujan dikirimkan oleh *hardware* ke *Firestore Realtime* melalui *Modem Wi-Fi*. Skematik Perangkat keras penghitung curah hujan seperti pada Gambar 3.3 dibawah ini:



Gambar 3.3 Perancangan Sistem Hardware

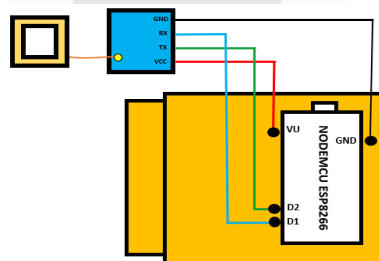
3.2.1 Perancangan GPS uBlox Neo 6M

Hardware mendeteksi lokasi Hardware dengan GPS uBlox Neo 6M. Flowchart perancangan GPS pada Hardware seperti Gambar 3.4 dibawah ini:



Gambar 3.4 Flowchart Sistem GPS

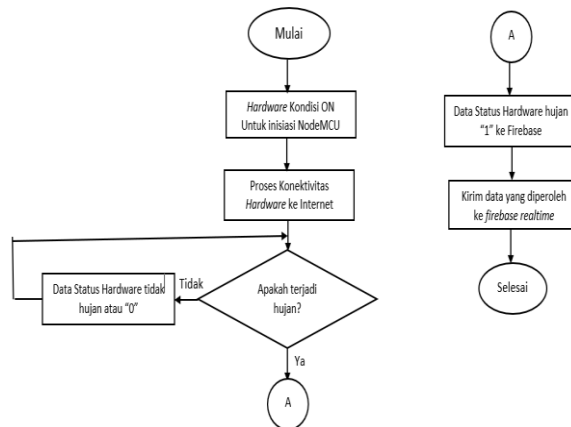
Pada Gambar 3.4 dijelaskan mengenai proses pada sistem GPS yang dimulai dengan inialisasi program untuk mempersiapkan *variable*. Selanjutnya, *hardware* akan mencari koneksi internet yang dihasilkan oleh *Modem Wi-Fi*. Setelah proses koneksi terjadi maka dilanjutkan dengan pembacaan *latitude* dan *longitude* di modul *GPS uBlox Neo 6M*. Jika *latitude* dan *longitude* telah didapatkan maka *latitude* dan *longitude* tersebut akan dikirimkan *Hardware* ke *Firestore realtime*. Gambar 3.5 dibawah ini merupakan skematik perancangan GPS:



Gambar 3.5 Perancangan Sistem GPS

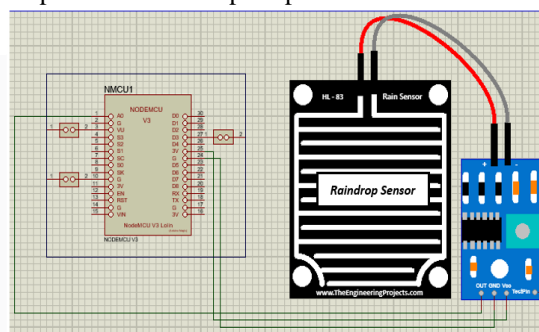
3.2.2 Perancangan Pendeteksi Hujan

Hardware dapat mendeteksi kondisi hujan dan tidak hujan dengan menggunakan *Raindrop Sensor*. Air yang turun dari langit akan mengenai *Raindrop Sensor* dan menghasilkan nilai masukan untuk *hardware*. Flowchart pendeteksi hujan sesuai dengan Gambar 3.6 berikut ini:



Gambar 3.6 Flowchart Pendeteksi Hujan Pada Hardware

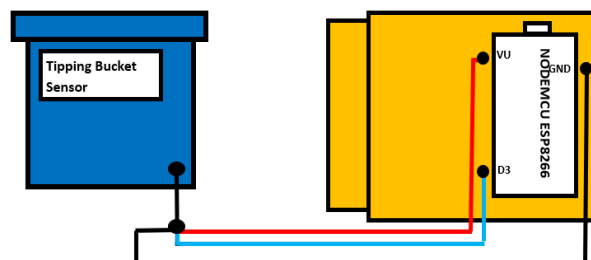
Pada Gambar 3.6 menjelaskan tentang proses Sistem Pendeteksi Hujan pada Hardware secara Realtime yang dimulai ketika Hardware dalam kondisi ON dan melakukan inisiasi variable program NodeMCU ESP8266 v3 Lolin. Setelah proses inisiasi maka Hardware akan menghubungkan dengan jaringan internet dari Modem Wi-Fi. Kemudian Hardware akan melanjutkan pembacaan Raindrop Sensor yang menghasilkan data untuk kondisi hujan atau tidak hujan. Apabila Raindrop Sensor mendeteksi kondisi hujan maka akan mendapatkan nilai keluaran analog 1-1023 dan akan menghasilkan status hujan dengan logika "1". Namun, apabila Raindrop Sensor tidak mendeteksi hujan maka akan mendapatkan nilai keluaran analog 0 dan menghasilkan status tidak hujan dengan logika "0". Status logika "1" atau "0" yang dihasilkan oleh Hardware melalui Raindrop Sensor akan dikirimkan ke Firebase Realtime melalui jaringan internet Mobile Wi-Fi. Skematik dari raindrop sensor pada hardware seperti pada Gambar 3.7 berikut ini:



Gambar 3.7 Perancangan Raindrop Sensor

### 3.2.3 Perancangan Penghitung Curah Hujan

Perangkat keras penghitung curah hujan dapat menghitung nilai curah hujan ketika kondisi hujan dengan menggunakan Tipping Bucket Sensor. Pada Tipping Bucket Sensor terdapat Hall effect sensor yang digunakan sebagai pemberi nilai keluaran digital pada Tipping Bucket Sensor. Pin Output pada Tipping Bucket Sensor dihubungkan dengan pin digital pada NodeMCU ESP8266. Pada perancangan proyek akhir ini pin output Tipping Bucket Sensor dihubungkan dengan pin digital D3 seperti pada Gambar 3.8 dibawah ini:



Gambar 3.8 Perancangan Tipping Bucket Sensor

Kalibrasi yang dilakukan pada tipping bucket sensor yaitu membandingkan volume tipping bucket dengan curah hujan 1 mm. Curah hujan 1 mm menyatakan bahwa pada luasan 1 m<sup>2</sup> terdapat air setinggi 1 mm atau sebanyak 1 Liter[1][16].



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

Corong pada *Tipping Bucket* memiliki bentuk persegi Panjang dengan Panjang sebesar 5.3 cm dan lebar 3.6 cm. Sehingga luas permukaan *Tipping Bucket* dapat dicari dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Luas } (A_2) &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \\
 &= 5.3 \text{ cm} \times 3.6 \text{ cm} \\
 &= 19.08 \text{ cm}^2
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Volume *tipping bucket* dapat ditentukan dengan perbandingan[15] seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= 1 \text{ m}^2 / 10.000 \text{ cm}^2 \\
 V_1 &= 1 \text{ Liter} / 1000 \text{ mL} \\
 A_2 &= 19.08 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

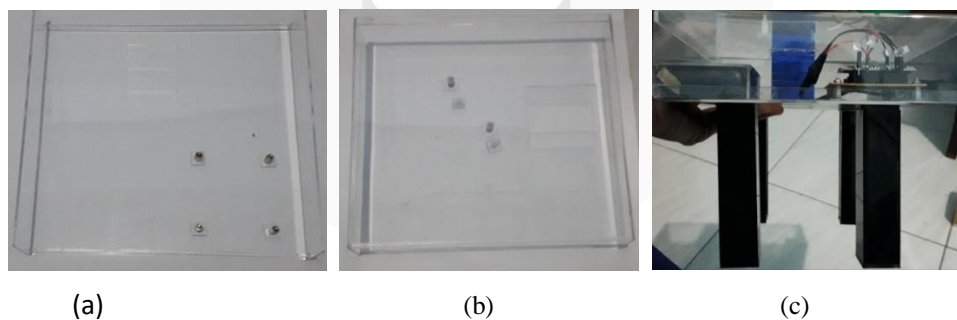
Maka, nilai volume *tipping bucket* ( $V_2$ ) dapat ditentukan seperti dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 \frac{V_1}{A_1} &= \frac{V_2}{A_2} \\
 V_2 &= \frac{A_2}{A_1} \times V_1 \\
 V_2 &= \frac{19,08 \text{ cm}^2}{10.000 \text{ cm}^2} \times 1000 \text{ mL} \\
 V_2 &= 1,908 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

Sehingga dapat diketahui bahwa curah hujan 1 mm sama dengan 1.908 mL pada model *Tipping Bucket Sensor* untuk satu jungkitan pada *Hardware* ini. Jadi, apabila dituangkan air sebanyak 1.908 mL ke *Tipping Bucket Sensor* maka akan terjadi satu jungkitan.

### 3.2.4 Perancangan Mekanik

Perancangan *Hardware* menggunakan box akrilik berdimensi 24 cm x 26 cm x 6.5 cm sesuai dengan *design layout* yang telah dibuat. Box digunakan sebagai casing tempat menyimpan *NodeMCU* dan komponen *Hardware*. Box akrilik ditunjukkan pada Gambar 3.9 berikut ini:



**Gambar 3.9** Mekanik Box Akrilik *Hardware*

Keterangan Gambar:

- Box akrilik bagian bawah
- Box akrilik bagian atas
- Box akrilik bagian samping dan Kaki penyangga box akrilik

## 4. Pengujian

### 4.1 Skenario Pengujian

Pengujian dari sistem yang telah dirancang dibagi menjadi beberapa bagian yaitu pengujian pengukuran volume *tipping bucket*, fungsionalitas, delay, ketahanan daya, upload data. Pengujian pengukuran volume

*tipping bucket* dilakukan dengan melakukan perbandingan hasil pembacaan dari sensor yang terpasang pada perangkat dengan gelas ukur. Pengujian fungsionalitas dilakukan dengan pengujian pada setiap komponen. Pengujian delay dilakukan dengan mengukur lama waktu pengiriman dari *hardware* ke *firebase realtime*. Pengujian ketahanan daya dilakukan dengan menghitung waktu dari menghidupkan *hardware* hingga *hardware* kehabisan daya. Pengujian upload data dilakukan dengan menghitung jumlah data yang dikirimkan *hardware* ke *firebase realtime*.

## 4.2 Pengujian Fungsionalitas

Pengujian Perangkat Keras ini dilakukan untuk mengetahui dan mengamati hasil dari perancangan sistem Hardware secara keseluruhan sesuai dengan perancangan awal Hardware.

### 4.2.1 Pengujian Kebenaran Data Tiap Sensor yang diKirimkan ke *Firestore Realtime*

Pada pengujian ini, setiap sensor diuji dengan melakukan percobaan sebanyak 5 kali untuk melihat ketepatan data yang dikirim ke *Firestore Realtime* dengan data yang didapat oleh *Hardware* dengan ditampilkan pada *Serial Monitor Arduino IDE*. Pengujian ketepatan data sensor seperti Tabel 4.1 berikut ini:

**Tabel 4. 1** Pengujian Ketepatan Sensor

Kondisi	Data ESP8266	Data <i>Firestore</i>	Status	Keterangan
Alat 1 ON	Y	y	Sesuai	ESP8266 1
Alat 2 ON	Y	y	Sesuai	ESP8266 2
Alat 3 ON	Y	y	Sesuai	ESP8266 3
Alat 4 ON	Y	y	Sesuai	ESP8266 4
<i>Longitude</i> 1	107.6287	107.6287	Sesuai	GPS
<i>Latitude</i> 1	-6.972037	-6.972037	Sesuai	GPS
<i>Longitude</i> 2	107.6284	107.6284	Sesuai	GPS
<i>Latitude</i> 2	-6.972014	-6.972014	Sesuai	GPS
<i>Longitude</i> 3	107.6285	107.6285	Sesuai	GPS
<i>Latitude</i> 3	-6.971860	-6.971860	Sesuai	GPS
<i>Longitude</i> 4	107.6288	107.6288	Sesuai	GPS
<i>Latitude</i> 4	-6.971881	-6.971881	Sesuai	GPS
Status Hujan 1	1	1	Sesuai	<i>Raindrop Sensor</i> 1
Status Tidak Hujan 1	0	0	Sesuai	<i>Raindrop Sensor</i> 1
Status Hujan 2	1	1	Sesuai	<i>Raindrop Sensor</i> 2
Status Tidak Hujan 2	0	0	Sesuai	<i>Raindrop Sensor</i> 2
Status Hujan 3	1	1	Sesuai	<i>Raindrop Sensor</i> 3
Status Tidak Hujan 3	0	0	Sesuai	<i>Raindrop Sensor</i> 3
Status Hujan 4	1	1	Sesuai	<i>Raindrop Sensor</i> 4
Status Tidak Hujan 4	0	0	Sesuai	<i>Raindrop Sensor</i> 4

Berdasarkan Tabel 4.1 menjelaskan bahwa pengujian ketepatan data sensor yang digunakan pada Hardware telah berfungsi dengan baik untuk menjalankan sistem pengukuran curah hujan.

### 4.2.2 Pengujian Volume *Tipping Bucket*

Pengujian nilai volume air per-tip pada Sensor *Tipping Bucket* bertujuan untuk mengetahui jumlah volume air yang dapat tertampung pada *Sensor Tipping Bucket* untuk setiap tip di jungkitan. *Sensor Tipping Bucket* telah tersambung ke *NodeMCU ESP8266* dan hasil dari pengujian volume air per-Tip pada *Sensor Tipping Bucket* di tampilkan pada *serial monitor*. Pengujian dilakukan menggunakan alat bantu gelas ukur dengan resolusi 0.1 mL dan dimulai dari 0.5 mL dengan penambahan 0.1 mL hingga menghasilkan satu jungkitan. Nilai "0" menandakan tidak ada jungkitan. Nilai "1" menandakan terdapat jungkitan. Adapun hasil dari pengujian volume air pada *tipping bucket* dengan gelas ukur sesuai Tabel 4.2 berikut ini:

**Tabel 4.2** Pengujian Volume *Tipping Bucket*

Volume Air Gelas Ukur (mL)	Nilai Tip	Volume Air Gelas Ukur (mL)	Nilai Tip
1	0	2.0	0
1.1	0	2.1	0
1.2	0	2.2	0
1.3	0	2.3	0
1.4	0	2.4	0
1.5	0	2.5	0
1.6	0	2.6	0
1.7	0	2.7	0
1.8	0	2.8	1
1.9	0	2.9	1

Berdasarkan Tabel 4.2 Pengujian volume air pada *Tipping Bucket* menghasilkan volume 2.8 mL untuk setiap 1 kali jungkitan. Perhitungan untuk 1 kali jungkitan sebesar 1.908 mL dengan membandingkan volume yang dapat tertampung pada *Tipping bucket* dengan volume curah hujan 1 mm. Sehingga, resolusi yang didapatkan pada *Tipping Bucket Sensor* adalah:

$$\text{Resolusi} = \frac{2,8 \text{ mL}}{1,908 \text{ mL}} \times 1 \text{ mm} = 1,46 \text{ mm}$$

Sehingga, apabila terjadi 1 jungkitan dengan volume air sebesar 2.8 mL pada *Tipping Bucket* maka setara dengan 1.46 mm.

#### 4.2.3 Pengujian Volume Air Pada *Raindrop Sensor*

Pengujian dilakukan dengan menuangkan air dengan volume yang telah ditentukan melalui gelas ukur ke *Raindrop Sensor*. Pengujian volume air pada *Raindrop Sensor* bertujuan untuk mengetahui nilai minimal volume air yang terdeteksi apabila kondisi hujan pada *Hardware* melalui *Raining board*. Air akan ditumpahkan pada *Raining Board* lalu hasil akan dilihat melalui *Serial Monitor* dan dikirim ke *Firestore realtime*. Hasil pengujian volume air pada *Raindrop Sensor* sesuai dengan Tabel 4.3 dibawah ini:

**Tabel 4.3** Pengujian Volume Air Pada *Raindrop Sensor*

Pengujian Ke-	Volume Air Gelas Ukur (mL)	Status
1	0.5	1
2	0.6	1
3	0.7	1
4	0.8	1
5	0.9	1

Berdasarkan Tabel 4.3 menampilkan nilai volume air pada gelas ukur sebesar 0.5 mL telah terdeteksi pada *Serial Monitor* dengan kondisi Hujan pada Logika "1". Pada Pengujian ini, air yang telah ditumpahkan pada *Raindrop board* harus dalam kondisi terdapat pergerakan untuk mendapatkan logika "1". Apabila tidak terdapat pergerakan maka status akan pada Logika "0" dengan kondisi tidak hujan.

#### 4.2.4 Pengujian Kesalahan Pada *Raindrop Sensor*

Pengujian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kesalahan pada *Raindrop sensor* dalam mendeteksi air yang terdapat pada *Raining board*. Pengujian dilakukan dengan menuangkan air sebesar 0.5 mL ke *Raining Board*. Data yang diterima oleh *NodeMCU ESP8266* akan ditampilkan melalui *Serial Monitor* dan dikirim ke status di *Firestore realtime*. Pengujian Kesalahan *Raindrop sensor* seperti pada Tabel 4.4 dibawah ini:

**Tabel 4.4** Pengujian Kesalahan Pada *Raindrop Sensor*

Percobaan Ke-	Air Gelas Ukur (mL)	Nilai Serial Monitor	Nilai Firebase	Hasil
1	0.5	1	1	Sesuai
2	0	0	0	Sesuai
3	0.5	1	1	Sesuai
4	0	0	0	Sesuai
5	0.5	1	1	Sesuai
6	0	0	0	Sesuai
7	0.5	1	1	Sesuai
8	0	0	0	Sesuai
9	0.5	1	1	Sesuai
10	0	0	0	Sesuai

Hasil yang didapatkan berdasarkan Pengujian kesalahan pada *Raindrop sensor* telah sesuai harapan. Data yang dikirim ke *firebase realtime* sesuai dengan data yang didapatkan oleh *Hardware*.

#### 4.2.5 Pengujian Kesalahan *Tipping Bucket Sensor*

Sensor *Tipping Bucket* telah terpasang dengan *NodeMCU ESP8266*. Pengujian dilakukan dengan menumpahkan air sebesar 100 mL ke *tipping bucket sensor*. Data yang didapatkan *NodeMCU ESP8266* dikirim ke *database firebase realtime* dan ditampilkan pada *Serial Monitor*. Hal ini untuk mengetahui bahwa *Tipping Bucket Sensor* dapat bekerja sesuai dengan nilai air yang masuk ke sensor berdasarkan nilai per-tip sensor. Data yang dikirim dalam setiap jungkitan bernilai 1.46 mm. Sehingga, jumlah jungkitan yang harusnya didapatkan sebesar 35 tip pada setiap percobaan. Pengujian kesalahan pada *Tipping bucket sensor* dilakukan sebanyak 5 kali. Adapun hasil pengujiannya seperti pada Tabel 4.5 berikut ini:

**Tabel 4.5** Pengujian Kesalahan *Tipping Bucket Sensor*

Nilai Air (mL)	Jumlah Tip Seharusnya	Nilai Tip (mm)	Jumlah Tip Firebase	Selisih	Persentase
100	35	46.72	32	3	8.571428571
100	35	45.26	31	4	11.42857143
100	35	48.18	33	2	5.714285714
100	35	42.34	29	6	17.14285714
100	35	42.34	29	6	17.14285714
Rata-rata Kesalahan					12

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada *tipping bucket sensor* sesuai Tabel 4.4 menghasilkan rata-rata kesalahan pada *tipping bucket sensor* sebesar 12%.

#### 4.3 Pengujian Delay

Pengujian delay pada *Hardware* ini dilakukan untuk mengetahui dan mengamati lama waktu pengiriman data yang dikirim dari *Hardware* ke *Firestore realtime*.

##### 4.3.1 Pengujian Delay *GPS uBlox Neo 6M*

Pengujian *delay GPS uBlox Neo6M* dilakukan di wilayah *Telkom University* pada kondisi *outdoor* dengan *NodeMCU ESP8266* sebagai mikrokontroler dengan modul *GPS uBlox Neo 6M*. Pengujian ini menggunakan

jaringan Internet *Modem Wi-Fi* pada Operator Merah. Pengujian delay GPS dilakukan sebanyak 5 kali pengujian sesuai dengan Tabel 4.6 dibawah ini:

**Tabel 4.6** Pengujian *Delay GPS uBlox Neo 6M*

Percobaan Ke-	Waktu GPS Ready	Timestamps	Waktu Terima di Firebase	Timestamps	Delay (Detik)
1	10.49.15 am	1561088954600	10.49.17 am	1561088955882	2
2	10.56.36 am	1561089396459	10.56.38 am	1561089397820	2
3	11.00.29 am	1561089628775	11.00.34 am	1561089629810	5
4	11.05.44 am	1561089944490	11.05.46 am	1561089945821	2
5	11.09.26 am	1561090166473	11.09.28 am	1561090167803	2
Total					13
Rata-rata					2.6

Berdasarkan Tabel 4.6 terkait Pengujian delay pada GPS didapatkan lama pengiriman data *latitude* dan *longitude* dari *Hardware* ke *Firestore Realtime* selama 5 kali percobaan sebesar 2.6 detik.

#### 4.3.2 Pengujian *Delay Raindrop Sensor*

Pengujian lama waktu pengiriman data pada *Raindrop sensor* dengan menghitung waktu kirim dari *hardware* dan waktu terima pada *Firestore realtime*. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali pada Wilayah Universitas Telkom. Pengujian delay menggunakan *Modem Wi-Fi* pada operator merah. Pengujian *delay Raindrop sensor* seperti Tabel 4.7 dibawah ini:

**Tabel 4.7** Pengujian *Delay Raindrop Sensor*

Pengujian Ke-	Waktu Kirim	Waktu Terima (detik)
1	00.00	01.05
2	00.00	01.90
3	00.00	01.31
4	00.00	01.58
5	00.00	02.03
Rata-rata Delay		1.57

Berdasarkan Tabel 4.7 Pengujian delay pada *raindrop sensor*. Hasil rata-rata delay yang didapatkan selama 5 kali pengujian memiliki rata-rata delay sebesar 1.57 detik.

#### 4.3.3 Pengujian *Delay Tipping Bucket*

Pengujian delay pengiriman data pada *Tipping Bucket Sensor* dengan menghitung waktu pengiriman data dalam satuan detik dari proses *Hardware* hingga data terkirim di *Firestore Realtime*. Pengujian delay pada *Tipping bucket sensor* dilakukan sebanyak 5 kali pengujian dengan periode setiap 60 detik. Pengujian delay *tipping bucket* seperti pada Tabel 4.8 berikut ini:

**Tabel 4.8** Pengujian *Delay Tipping Bucket Sensor*

Pengujian Ke-	Waktu Kirim	Waktu Terima (detik)
1	00.00	01.44
2	00.00	01.38
3	00.00	03.27
4	00.00	02.03
5	00.00	02.29
Rata-rata Delay		2.08

Berdasarkan hasil pengujian delay pada *tipping bucket* yang telah dilakukan mendapatkan rata-rata delay dari lima kali pengujian sebesar 1.57 detik. Dengan demikian, total delay pada *Hardware* sesuai dengan Tabel 4.9 dibawah ini:

**Tabel 4.9** Total Delay

Komponen	Delay (detik)
<i>Delay GPS uBlox Neo 6M</i>	2.6
<i>Delay Raindrop Sensor</i>	1.57
<i>Delay Tipping Bucket Sensor</i>	2.08
Total Delay	6.25

Dengan demikian total lama waktu pengiriman data yang dikirimkan *Hardware* ke *Firestore realtime* sebesar 6.25 detik dengan menggunakan Operator Merah pada wilayah Universitas Telkom.

#### 4.4 Pengujian Ketahanan *Hardware*

Pengujian ketahanan *Hardware* dilakukan untuk mengetahui lama waktu hidup *Hardware* dengan menggunakan *Powerbank 10000 mAh*. Pengujian dilakukan dengan menghidupkan *Hardware* lalu membiarkannya hingga *Hardware* tersebut kehabisan sumber tegangan. Pengujian Ketahanan *Hardware* sesuai dengan Tabel 4.10 berikut ini:

**Tabel 4.10** Pengujian Ketahanan *Hardware*

Percobaan Ke-	Waktu	Hitungan Hari
1	69 Jam	2 Hari 21 Jam
2	69 Jam	

Berdasarkan hasil pengujian ketahanan *Hardware* yang dilakukan sebanyak dua kali pengujian menghasilkan ketahanan *hardware* selama 69 jam atau 2 Hari 21 Jam.

#### 4.5 Pengujian Upload Data

Pengujian upload data bertujuan untuk mengetahui besar data yang digunakan untuk mengirimkan data dari *Hardware* ke *Firestore realtime*. Pengujian upload data dilakukan sebanyak 5 kali pengujian sesuai dengan Tabel 4.11 dibawah ini:

**Tabel 4.21** Pengujian Upload Data

Percobaan	Data GPS (Kb)	Data Tipping Bucket (Kb)	Data Raindrop Sensor (Kb)	Total (Kb)
1	0.7	3.5	1.1	5.3
2	0.7	3.5	1.1	5.3
3	0.7	3.5	1.1	5.3
4	0.7	3.5	1.1	5.3
5	0.7	3.5	1.1	5.3
Rata-rata Upload Data				5.3

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada *Hardware* untuk mengirim data curah hujan ke *Firestore realtime* memiliki rata-rata besar upload data yang digunakan yaitu 5.3 Kb.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari Perangkat keras penghitung curah hujan dalam Proyek Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. *Hardware* dapat mendeteksi kondisi hujan dan menghitung nilai curah hujan dengan rata-rata kesalahan sebesar 12%.
2. *Resolusi* pada *Hardware* didapatkan bernilai 1.46 mm dengan perbandingan volume curah hujan 1 mm dengan volume pada *Tipping Bucket* yang digunakan pada *Hardware*.
3. Sistem pengukuran curah hujan pada *Hardware* telah berjalan dengan baik berdasarkan pengujian fungsionalitas dengan delay 6.25 detik menggunakan operator Merah dan besar data yang digunakan sebesar 5.3 Kb.

## 5.2 Saran

Pada Proyek Akhir ini, dengan harapan *Hardware* selanjutnya dapat dikembangkan kembali agar memiliki sistem yang lebih kompleks dan efisien. Adapun saran penulis adalah sebagai berikut:

1. Tampilan *hardware* dibuat dengan ukuran yang lebih kecil.
2. Membuat mikrokontroler pada *Hardware* ini menjadi yang lebih baik dari segi performa dan ketahanan fisik.
3. Melakukan penambahan fitur pada *Hardware* terkait iklim, kelembapan, suhu, arah mata angin, *fuzzy logic*, serta algoritma perkiraan hujan sehingga membentuk stasiun cuaca yang kompleks.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aldrian, Edwin., Karmini, Mimin., Budiman, 2011, Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia, Hal. 22. BMKG: Pusat Perubahan Iklim dan Kualitas Udara Kedepkatan Bidang Klimatologi, Jakarta.
- [2] All Weather Inc, National Drive, 2008, Tipping Bucket Rain Gauge Models 6011-A 6011-B. <http://www.allweatherinc.com/wp-content/uploads/6011-0011.pdf>. Diakses pada 17 April 2019.
- [3] Sudibyo, Alexander., 2008, Analisis Ketersediaan Jasa Satelit Penentu Posisi Guna Mendukung Program Pengembangan Roket Pengorbit Satelit Lapan, Jurnal Analisis dan Informasi Kedirgantaraan, Vol. 05: 1-14, LAPAN.
- [4] BMKG, 2017, Buletin Analisis Hujan Bulan Agustus 2017 dan Prakiraan Hujan Bulan Oktober, November, dan Desember 2017 Provinsi Jawa Barat No.9, BMKG: Stasiun Klimatologi Bogor, Bogor.
- [5] BMKG, Deskripsi Alat Rain Gauge Tipe Tipping Bucket: Data BMKG, <http://data.bmkg.go.id/share/Dokumen/deskripsisensorlintek.pdf>. Diakses Pada 14 April 2019.
- [6] BMKG, 2019, Stasiun dan UPT BMKG, <https://www.bmkg.go.id/profil/stasiun-upt.bmkg>. Diakses pada 15 April 2019.
- [7] Evita, M., Mahfudz, Suprijadi, Djamal, M., Khairurrijal., 2010, Alat Ukur Curah Hujan Tipping Bucket Sederhana dan Murah Berbasis Mikrokontroler Vol.2 (2), Bandung.
- [8] Fadholi, Akhmad., 2012, Proses Pembentukan Awan dan Terjadinya Hujan, <http://www.fisikanet.lipi.go.id/utama.cgi?cetakfenomena&1352896307>. Diakses pada 17 20 April 2019.
- [9] Google Developer, Firebase Realtime Database, <https://firebase.google.com/docs/database?hl=id>. Diakses pada 17 April 2019.
- [10] Hardiharddaja, Joetata., 1997, Drainase Perkotaan, Penerbit Gunadarma, Jakarta.
- [11] Novianta, Andang, M., 2011, Sistem Data Logger Curah Hujan Dengan Model Tipping Bucket Berbasis Mikrokontroler, Jurnal Teknologi, Vol. 4, No.02, Yogyakarta.
- [12] Ramadan, Nur, Dadan., Permana, Ganda, Agus., Hafidudin., 2017, Perancangan dan Realisasi Mobil Remote Control Menggunakan Firebase, JETT, Bandung.
- [13] Ro'uf, A., Saufy, Z., 2011, Karakterisasi Sensor Efek Hall UGN3503 Untuk Mengukur Kemiringan, Vol. 1, No.01, Indonesian Journal of Electronics and Instrumentations Systems, Yogyakarta.
- [14] Setiawan, Iwan., 2009, Buku Ajar Sensor dan Tranducer, Hal.1, Jawa Tengah.
- [15] Setyawan, Galih., Sudiartono, Latuconsina, Amanda., 2015, Kalibrasi Alat Ukur Curah Hujan Model Tipping Bucket, Metereologi dan Instrumentasi, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- [16] Sumardi, 2009, Penakar Curah Hujan Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Atmega32, Jurnal Teknik Elektro, Vol.11, No.02. Hal 84-90.