

**RANCANG BANGUN ALAT PENGUKUR CURAH HUJAN TIPE
TIPPING BUCKET OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER
ARDUINO MEGA 2560 DAN *INTERNET OF THINGS* (IoT)**

Skripsi

Oleh

M. ADITA PUTRA



**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2017**

ABSTRACT

DESIGN OF A TIPPING BUCKET TYPE OF AUTOMATIC RAINFALL RECORDER BASED ON MICROCONTROLLER ARDUINO MEGA2560 AND “INTERNET OF THINGS”

By

M. ADITA PUTRA

Rainfall is one of the meteorological components that need to be considered in agriculture, because it is used in terms of planning, monitoring, and cropping patterns. Current rainfall measurements still have disadvantages, that is the rain recording data can not be seen from a far distance and data can be obtained only in BMKG climatology station only. This study aims to design a tipping bucket type of automatic rain fall recorder using microcontroller and by using internet of things technology in its data transmission system.

This research consists of several stages including of structural design, functional design and design testing. Mechanism of work of this device that is rainfall record automatically rain, based on movement at pias, data recorded by microcontroller and sent to online database using Arduino Ethernet Shield that connected with modem.

The results showed that the test of calibration that is calibration performed by making rain simulation showed bucket constant is 0.44 mm with error 1.19%. While calibration and validation of data obtained by comparing the value of recording by this device with manual measurement tools both obtained value of R^2 is 0.999. The results of data transmission testing shows this device can function properly, the data transmission is done every one hour, if within one hour does not happen rain then this device will send a value of 0. Rainfall data will be displayed on the website tippingbucket.weebly.com with the method of HTML embed.

Keywords : rainfall, tipping bucket rain gauge, microcontroller, internet of things, web client.

ABSTRAK

RANCANG BANGUN ALAT PENGUKUR CURAH HUJAN TIPE *TIPPING BUCKET* OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO MEGA 2560 DAN *INTERNET OF THINGS* (IoT)

Oleh

M. ADITA PUTRA

Curah hujan merupakan salah satu komponen meteorologi yang perlu diperhatikan dalam bidang pertanian, karena digunakan dalam hal perencanaan, monitoring, dan pola tanam. Pengukuran curah hujan saat ini masih memiliki kekurangan, yaitu data hasil rekaman hujan tidak dapat dilihat dari jarak jauh dan data dapat diperoleh hanya terbatas di stasiun klimatologi BMKG saja. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan rancang bangun alat ukur curah hujan otomatis tipe *tipping bucket* dengan menggunakan mikrokontroler dan dengan memanfaatkan teknologi *internet of things* dalam sistem pengiriman datanya.

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan diantaranya yaitu perancangan desain struktural, perancangan desain fungsional dan pengujian rancangan. Mekanisme kerja rancangan alat ini yaitu alat merekam curah hujan secara otomatis hujan berdasarkan gerakan yang terjadi pada pias, data yang terekam diolah oleh

mikrokontroler dan dikirimkan ke *database online* menggunakan Arduino Ethernet Shield yang terhubung dengan modem.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengujian rancangan yaitu kalibrasi yang dilakukan dengan membuat hujan buatan menunjukkan konstanta *bucket* yaitu sebesar 0,44 mm dengan *error* 1,19 %. Sementara kalibrasi dan validasi data yang didapatkan dengan membandingkan nilai perekaman alat dengan alat ukur manual keduanya didapatkan nilai R^2 sebesar 0,999. Hasil pengujian transmisi data menunjukkan alat dapat berfungsi dengan baik, yaitu pengiriman data dilakukan setiap satu jam sekali, jika dalam rentang waktu satu jam tidak terjadi hujan maka alat akan mengirimkan nilai 0. Data curah hujan akan ditampilkan pada *website* tippingbucket.weebly.com dengan metode HTML *embed*.

Kata kunci : curah hujan, *tipping bucket*, mikrokontroler, *internet of things*, *web client*

**RANCANG BANGUN ALAT PENGUKUR CURAH HUJAN TIPE
TIPPING BUCKET OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER
ARDUINO MEGA 2560 DAN *INTERNET OF THINGS* (IoT)**

Oleh

M. ADITA PUTRA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

Pada

Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2017**

Judul Skripsi

: **RANCANG BANGUN ALAT PENGUKUR
CURAH HUJAN TIPE *TIPPING BUCKET*
OTOMATIS BERBASIS
MIKROKONTROLER ARDUINO MEGA
2560 DAN *INTERNET OF THINGS (IoT)***

Nama Mahasiswa

: **M. Adita Putra**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1314071035

Jurusan

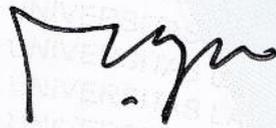
: Teknik Pertanian

Fakultas

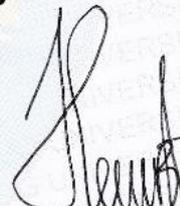
: Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

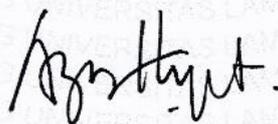


Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc.
NIP 19611211 198703 1 004



Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc.
NIP 19880325 201504 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian

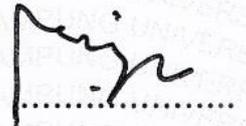


Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.
NIP 19650527 199303 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

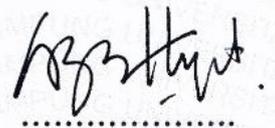
Ketua : **Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc.**



Sekretaris : **Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc.**

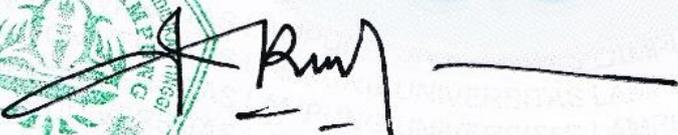


Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.**



2. Dekan Fakultas Pertanian




Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **4 Mei 2017**

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah **M. Adita Putra** NPM **1314071035** Dengan ini menyatakan bahwa apa yang saya tulis dalam karya tulis ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh komisi pembimbing, 1) Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc. dan 2) Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc. berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (jurnal, buku, internet, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandarlampung, Juni 2017

Yang membuat pernyataan



(M. Adita Putra)

NPM 1314071035

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, pada tanggal 1 Januari 1995, sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Jahidin dan Ibu Kayi.

Penulis menempuh pendidikan pada jenjang Sekolah Dasar (SD) Al-Kautsar Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2007, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 4 Bandar Lampung, yang diselesaikan pada tahun 2010, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 5 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2013.

Penulis meneruskan pendidikan ke jenjang Strata Satu (S1) di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2013 melalui jalur tertulis Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten mata kuliah Transfer Panas, Mekanika Mesin, Teknik Hidroponik, dan Gambar Teknik. Penulis aktif di organisasi Unit Kegiatan Mahasiswa tingkat Universitas (UKM-U) Koin (Komunitas Integritas) sebagai Kepala Bidang Kampanye dan Informasi pada tahun 2015 dan menjabat sebagai Ketua Umum pada tahun 2016 serta menjadi Dewan Pertimbangan pada tahun 2017. Selain itu penulis juga terdaftar sebagai

anggota pada tahun 2015-2016 di organisasi tingkat nasional yaitu, Asosiasi Mahasiswa Anti Korupsi Indonesia (ASMAK).

Prestasi yang pernah diraih oleh penulis selama menjadi mahasiswa diantaranya yaitu lolos Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) bidang Kewirausahaan pada tahun 2014 dan bidang Penelitian tahun 2015. Selain itu penulis juga pernah menjadi kandidat mahasiswa berprestasi yang mewakili Jurusan Teknik Pertanian pada tahun 2016.

Pada tahun 2016 penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Parung Farm, Kabupaten Bogor, Jawa Barat selama 30 hari, dan melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik selama 60 hari di Pekon Sinar Sekampung, Kecamatan Air Nanningan, Kabupaten Tanggamus.

*Kupersembahkan Karya kecil ini untuk
Ayah, Mama dan Kakak-Kakakku, serta
untuk Alamamterku, dan Tanah
Tercintaku Indonesia*

SANWACANA

Puji syukur kepada Allah SWT, karena telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Skripsi dengan judul “*Rancang Bangun Alat Pengukur Curah Hujan Tipe Tipping Bucket Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan Internet Of Things (IoT)*” merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Dalam penulisan skripsi ini mungkin jauh dari kesempurnaan mengingat keterbatasan penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc. selaku Pembimbing I atas motivasi, bimbingan, kritik dan saran selama proses penelitian dan penulisan skripsi;
2. Bapak Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc. selaku Pembimbing II atas motivasi, bimbingan, kritik dan saran selama proses penelitian dan penulisan skripsi;

3. Bapak Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung, sekaligus Pembimbing Akademik dan Pembahas atas kritik dan saran selama penyelesaian skripsi dan bimbingan selama masa perkuliahan;
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung serta jajaran Wakil Dekan FP Unila;
5. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
6. Untuk Ayah dan Mama yang selalu memberikan dorongan semangat, nasihat, doa dan dukungannya selama masa perkuliahan, penelitian dan penyelesaian skripsi;
7. Kakak-kakakku, Aa' Arif, Cece' Ika, dan Tete Linda yang telah memberikan doa, dan motivasi selama penelitian dan penyelesaian skripsi;
8. Feibri Yani Tamaraya, partner yang selalu menemani, mendampingi dan memberikan semangat doa dan dukungannya dulu, kini dan seterusnya;
9. Teman-teman Teknik Pertanian angkatan 2013 yang telah menjadi tempat bernaung selama masa perkuliahan;
10. Kakak-kakak dan adik-adik Teknik Pertanian angkatan 2011, 2012, 2014 atas dukungan dan bantuannya selama masa perkuliahan;
11. UKM Komunitas Integritas Universitas Lampung yang telah menjadi tempat berproses untuk menjadi pribadi yang lebih baik selama masa perkuliahan;
12. Lampung Geh! yang telah menjadi tempat berproses untuk tetap konsisten dalam berkarya dan berkontribusi.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan Bapak, Ibu, dan rekan-rekan sekalian atas kebaikan yang telah diberikan kepada penulis dan semoga skripsi ini dapat berguna bagi kita semua untuk memajukan ilmu dan teknologi pertanian.
Amin.

Bandarlampung, Juni 2017

Penulis,

M. Adita Putra

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian.....	6
1.4. Manfaat Penelitian.....	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Hujan	8
2.1.1. Curah Hujan	9
2.2. Alat Pengukur Curah Hujan	11
2.2.1. Alat Pengukur Curah Hujan Otomatis	12
2.2.2. Alat Pengukur Curah Hujan Otomatis Tipe <i>Tipping Bucket</i>	12
2.2.3. Bagian-Bagian dan Prinsip Kerja <i>Tipping Bucket</i>	14
2.3. Mikrokontroler	16
2.3.1. Prinsip Kerja Mikrokontroler	18
2.3.2. Mikrokontroler Arduino Mega 2560.....	20
2.4. <i>Optocoupler</i>	22
2.4.1. Prinsip Kerja <i>Optocoupler</i>	23
2.5. <i>Real Time Clock</i> DS1307	24
2.6. Sistem Transmisi Data.....	24
2.6.1. <i>Internet of Things</i>	26
2.6.2. Prinsip Kerja <i>Internet of Things</i>	27

III. METODE PENELITIAN.....	29
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	29
3.2. Alat dan Bahan	29
3.3. Kriteria Desain	30
3.4. Prosedur Penelitian.....	30
3.5. Perancangan Alat.....	30
3.6. Desain Struktural	32
3.6.1. Struktur Alat Pengukur Curah Hujan Tipe <i>Tipping Bucket</i>	32
3.6.2. Penerima dan Pengolah Data	34
3.6.3. Sistem Transmisi Data	34
3.7. Desain Fungsional	36
3.7.1. <i>Optocoupler</i>	37
3.7.2. Mikrokontroler Arduino Mega 2560.....	37
3.7.3. <i>Real Time Clock</i> dan <i>Data Logger</i>	39
3.7.4. <i>Liquid Crystal Display (LCD)</i>	40
3.7.5. Arduino Ethernet Shield.....	40
3.7.6. <i>Router</i>	40
3.7.7. Modem GSM.....	41
3.8. Mekanisme Kerja Alat.....	41
3.9. Analisis Data	42
3.9.1. Perhitungan Curah Hujan.....	42
3.9.2. Konversi Nilai <i>Optocoupler</i>	43
3.9.3. Kalibrasi Rancangan	43
3.9.4. Validasi Rancangan.....	45
3.10. Uji Kinerja	45
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1. Hasil Perancangan Alat Ukur Curah Hujan	46
4.1.1. Badan Ombrometer	47
4.1.2. Kaki Alat	47
4.1.3. Bagian dalam Ombrometer	47
4.1.4. <i>Mainboard</i>	48
4.2. Otomatisasi dan Akusisi Data	49
4.2.1. Mikrokontroler	50
4.2.2. <i>Optocoupler</i>	50

4.2.3. <i>Real Time Clock (RTC)</i>	51
4.2.4. <i>Liquid Crystal Display (LCD)</i>	51
4.2.5. SD Card.....	52
4.2.6. Arduino Ethernet Shield.....	53
4.2.7. <i>Router</i>	53
4.2.8. Modem	53
4.3. Pengujian Rancangan Alat	54
4.3.1. Penentuan Nilai Konstanta <i>Bucket</i>	54
4.3.2. Pengujian Nilai Konstanta <i>Bucket</i>	55
4.3.3. Kalibrasi Rancangan	58
4.3.4. Validasi Rancangan.....	60
4.4. Sistem Transmisi Data.....	62
4.4.1. Google Form	62
4.4.2. Google Spreadsheets	65
4.4.3. Google Drive	66
4.4.4. <i>Application Programming Interface (API) Pushingbox</i>	67
4.4.5. <i>User Interface</i> Penampil Data	69
4.4.6. Pengujian Transmisi Data	72
V. SIMPULAN DAN SARAN	82
5.1. Kesimpulan.....	82
5.2. Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN.....	88

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tingkatan hujan berdasarkan intensitasnya	10
2. Keterangan bagian-bagian <i>Tipping Bucket</i>	14
3. Spesifikasi mikrokontroler ATmega2560	21
4. Hasil penentuan konstanta bucket.....	55
5. Pengujian konstanta bucket pada volume seragam.....	56
6. Pengujian konstanta bucket pada volume bervariasi	57
7. Hasil kalibrasi rancangan	59
8. Hasil validasi rancangan	61
<i>Lampiran</i>	
9. Pengiriman data curah hujan tanggal 23/3/2017	90
10. Pengiriman data curah hujan tanggal 24/3/2017	91
11. Pengiriman data curah hujan tanggal 25/3/2017	92
12. Pengiriman data curah hujan tanggal 26/3/2017	93
13. Pengiriman data curah hujan tanggal 27/3/2017	94
14. Pengiriman data curah hujan tanggal 28/3/2017	95
15. Pengiriman data curah hujan tanggal 29/3/2017	96
16. Pengiriman data curah hujan tanggal 30/3/2017	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Skema alat pengukur curah hujan <i>tipping bucket</i>	13
2. Bagian-bagian <i>tipping bucket</i>	14
3. Bagian-bagian <i>optocoupler</i>	23
4. Sistem komunikasi data.....	25
5. Diagram prosedur penelitian	31
6. Desain alat pengukur curah hujan <i>tipping bucket</i> tampak luar	33
7. Desain alat pengukur curah hujan <i>tipping bucket</i> tampak dalam.....	33
8. Diagram alir sistem transmisi data.....	35
9. Rangkaian komponen elektronika pada mikrokontroler	36
10. Jendela perangkat lunak Arduino versi 1.16.10	38
11. Diagram alir pemrograman	39
12. Skema mekanisme kerja alat.....	42
13. Hasil rancangan alat ukur curah hujan otomatis	46
14. Bagian dalam ombrometer	48
15. <i>Mainboard</i>	49
16. LCD (bertanda garis kuning)	52
17. Grafik persamaan regresi pengujian konstanta <i>bucket</i>	58
18. Grafik persamaan regresi kalibrasi rancangan	60

19. Grafik persamaan regresi validasi rancangan	61
20. Jendela Google Form	64
21. Jendela Google Spreadsheets	66
22. Jendela layanan Pushingbox	68
23. Tampilan UI website bagian atas	71
24. Tampilan UI website bagian bawah	72
25. Grafik uji transmisi data provider merk Indosatoredoo	73
26. Grafik uji transmisi data provider merk Telkomsel	74
27. Grafik curah hujan 23 Maret 2017	75
28. Grafik curah hujan 24 Maret 2017	76
29. Grafik curah hujan 25 Maret 2017	76
30. Grafik curah hujan 26 Maret 2017	77
31. Grafik curah hujan 27 Maret 2017	78
32. Grafik curah hujan 28 Maret 2017	79
33. Grafik curah hujan 29 Maret 2017	79
34. Grafik curah hujan 30 Maret 2017	80
35. Curah hujan akumulasi tanggal 23 Maret 2017 – 30 Maret 2017	81

Lampiran

36. Uji coba alat pada hujan aktual	89
---	----

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Meteorologi pertanian merupakan suatu hal yang tidak dapat dipisahkan dalam hal kegiatan pertanian. Tanaman pada saat kegiatan pertanian, memiliki kebutuhan kondisi lingkungan yang harus sesuai dengan syarat tumbuh tanaman tersebut. Meteorologi yang terkait dengan kondisi lingkungan pertanian adalah cuaca dan iklim. Cuaca dan iklim telah tersedia secara alami, namun manusia tidak dapat mengendalikannya kecuali dalam skala yang terbatas. Oleh karena itu, upaya untuk memenuhi kebutuhan kondisi lingkungan pada tanaman dilakukan dengan cara menyesuaikan kegiatan pertanian dengan perilaku cuaca dan iklim yang ada (Wirjohamidjojo dan Swarinoto, 2007).

Curah hujan merupakan salah satu komponen meteorologi yang dibutuhkan di dalam kegiatan pertanian. Curah hujan adalah ukuran yang merepresentasikan jumlah air hujan pada wilayah tertentu (Aldrian dan Karmini, 2011). Pada kegiatan pertanian, data curah hujan menjadi penting karena dibutuhkan dalam hal kegiatan manajemen pengelolaan air untuk tanaman. Pada siklus hidrologi, presipitasi (hujan) dapat dikaitkan dengan data evapotranspirasi pada tanaman. Banyaknya hujan pada satu hari tertentu dapat mengakibatkan evapotranspirasi pada tanaman menjadi lebih lambat atau lebih cepat, sehingga pemberian air pada

tanaman dapat disesuaikan. Selain itu, pada pertanian lahan kering data curah hujan menjadi penting karena penetapan jadwal dan pola tanam dipengaruhi oleh data curah hujan bulanan pada wilayah yang bersangkutan. Penetapan jadwal dan pola tanam yang tidak sesuai dikarenakan data curah hujan yang tidak akurat dapat mengakibatkan terjadinya gagal panen (Dwiratna, 2013).

Data curah hujan dapat diperoleh dengan mengukurnya menggunakan alat ukur curah hujan. Alat ukur curah hujan pada umumnya berbentuk silinder dengan corong di atasnya. Alat ukur curah hujan diletakkan pada daerah yang masih alami serta pada tanah lapang yang tidak bertajuk. Perhitungan curah hujan menggunakan alat ukur curah hujan dapat dihitung dengan cara volume air hujan yang tertampung dibagi dengan luas alas mulut corong (Mori dkk., 1999). Alat ukur curah hujan terbagi menjadi dua, yaitu alat ukur curah hujan manual dan otomatis.

Pada alat ukur curah hujan manual, pengambilan data dilakukan secara manual juga. Data yang diperoleh merupakan kumpulan curah hujan selama selang waktu tertentu dan dilakukan secara terus menerus. Data tersebut tidak dapat diketahui waktu kejadian hujannya dalam jangka waktu satu hari, karena data yang diperoleh merupakan data akumulasi selama satu hari (Mori dkk., 1999).

Penggunaan alat ukur curah hujan manual pada dasarnya membutuhkan operator, sehingga perlu sumberdaya manusia yang kompeten agar kesalahan data curah hujan akibat *human error* dapat dihindarkan. Sedangkan, alat ukur curah hujan otomatis dapat merekam curah hujan secara otomatis, dan data yang diperoleh

merupakan data setiap terjadinya hujan dengan waktu kejadian hujan yang diketahui.

Aplikasi alat ukur curah hujan otomatis yang ada pada saat ini menggunakan *transmitter* dan *reciever* untuk pengiriman data. *Transmitter* dan *reciever* dapat saling terhubung pada jarak tertentu menggunakan teknologi *wireless*, namun tidak dapat digunakan jika melewati batas jarak alat. Kekurangan alat pengukur curah hujan otomatis yaitu data tidak dapat dilihat ketika sedang tidak berada di lapangan atau berada jauh dari wilayah tempat diletakkannya alat. Pengembangan alat ukur curah hujan otomatis oleh Achmadi (2009), telah berhasil memodifikasi sistem transmisi datanya, yaitu dengan menggunakan *GSM shield* yang dapat mengirim data dari jarak jauh melalui pesan singkat *Short Message Service* (SMS). Namun, penggunaan pesan singkat SMS pada sistem transmisi data alat tersebut membutuhkan pulsa, sehingga membutuhkan biaya yang lebih dalam aplikasinya. Selain itu, data curah hujan yang dikirim oleh alat melalui pesan singkat SMS, hanya dapat berupa nilai curah hujan yang terpisah.

Selain masih memiliki kekurangan, alat ukur curah hujan pada umumnya hanya terdapat pada stasiun klimatologi milik Badan Klimatologi Meteorologi dan Geofisika (BMKG) saja. Menurut data BMKG (2017) Di Provinsi Lampung jumlah stasiun klimatologi BMKG hanya terdapat 4, yaitu di Kabupaten Lampung Tengah, Lampung Selatan, Pesawaran dan Kota Bandar Lampung. Jumlah stasiun klimatologi yang tergolong sedikit ini tidak sesuai dengan jumlah kabupaten/kota yang ada di Provinsi Lampung yang sebanyak 15, hal itu menyebabkan akses data curah hujan bagi petani ataupun masyarakat umum menjadi sulit dan terbatas.

Upaya untuk memenuhi kebutuhan data curah hujan bagi petani, masyarakat umum ataupun perusahaan di bidang pertanian dapat dilakukan dengan mengembangkan alat ukur curah hujan yang telah ada. Pengembangan alat ukur curah hujan dapat dilakukan dengan cara memodifikasi sistem akuisisi datanya, sehingga pengambilan data curah hujan dapat diperoleh secara otomatis dan *realtime*. Selain itu, data curah hujan yang telah terekam harus tersimpan dengan aman serta dapat diakses kapan dan dimana saja ketika dibutuhkan.

Salah satu teknologi yang dapat diaplikasikan pada alat ukur curah hujan yaitu teknologi *internet of things* (IoT). IoT adalah suatu metode yang dilakukan untuk menyambungkan suatu *device* ke internet secara otomatis. Perkembangan teknologi internet, khususnya di bidang IoT masih jarang dikembangkan di bidang pertanian. Teknologi IoT pada umumnya dikembangkan di bidang keamanan atau media telekomunikasi. Setiawan (2016) mengaplikasikan IoT dalam pembuatan sistem *smart home*, yaitu teknologi nirkabel yang disematkan pada perangkat-perangkat elektronika yang ada di rumah, sehingga *user* dapat memonitoring dan mengontrol berbagai peralatan yang ada di rumah.

Teknologi IoT dapat memudahkan dalam hal monitoring atau pembacaan kondisi suatu variabel dalam suatu tempat. Oleh karena itu, penggunaan teknologi IoT pada alat ukur curah hujan otomatis dapat menjadi pilihan. Teknologi IoT memungkinkan pembuatan sistem yang lebih terstruktur, yaitu data curah hujan dapat diakuisisi lalu disimpan melalui jaringan nirkabel pada *database* online. Selain itu teknologi IoT dapat memungkinkan pengguna/*user* melihat data yang

telah tersimpan dari jarak yang tidak terbatas melalui antarmuka pengguna menggunakan perangkat lunak *browser*.

Aplikasi teknologi IoT pada alat ukur curah hujan otomatis diharapkan dapat membantu memecahkan permasalahan yang berkaitan dengan kebutuhan data curah hujan saat ini sehingga data curah hujan dapat diperoleh lebih cepat dan akurat. Dengan menggunakan IoT dalam sistem transmisi data alat ukur curah hujan, data curah hujan juga dapat diakses dimana saja dan oleh siapa saja yang membutuhkan, terutama bagi kalangan petani sehingga dapat lebih mandiri dalam kegiatan pengelolaan kebutuhan air untuk tanaman dan penentuan pola tanam.

1.2. Rumusan Masalah

Kebutuhan data curah hujan pada berbagai bidang khususnya di bidang pertanian perlu diperhatikan, karena data curah hujan merupakan salah satu indikator yang digunakan dalam hal yang berkaitan dengan manajemen seperti perencanaan, monitoring, dan pola tanam. Saat ini, alat ukur curah hujan otomatis hanya dapat mengirimkan data menggunakan jaringan *wireless* pada jarak yang terbatas.

Selain itu alat ukur curah hujan tersebut terbatas hanya ada di stasiun klimatologi Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) saja, sehingga data curah hujan sulit diakses bagi kalangan petani atau masyarakat umum.

Oleh karena itu, pengembangan alat ukur curah hujan otomatis dapat perlu dilakukan dengan memanfaatkan mikrokontroler dan *internet of things* (IoT).

Permasalahan yang dihadapi dan dicari penyelesaiannya pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hasil perancangan sistem akuisisi data otomatis alat ukur curah hujan tipe *tipping bucket* ?
2. Bagaimana metode pengiriman data berbasis *internet of things* (IoT) pada alat ukur curah hujan otomatis tipe *tipping bucket* ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

A. Tujuan Umum

Merancang alat pengukur curah hujan otomatis tipe *tipping bucket* berbasis mikrokontroler ATMEGA2560 pada sistem otomatisasinya dan aplikasi *internet of things* (IoT) pada sistem transmisi datanya.

B. Tujuan Khusus

1. Pengujian rancangan pada sistem kerja alat pengukur curah hujan otomatis tipe *tipping bucket* meliputi uji kalibrasi data dan penentuan nilai konstanta *bucket*, dan validasi data.
2. Penentuan metode transmisi data alat pengukur curah hujan otomatis tipe *tipping bucket* berbasis mikrokontroler Arduino Mega2560 dan *internet of things* (IoT).
3. Uji kinerja sistem otomatisasi dan transmisi data pada alat pengukur curah hujan otomatis tipe *tipping bucket* berbasis mikrokontroler Arduino Mega2560 dan *internet of things* (IoT).

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai referensi ilmiah dalam pengembangan alat ukur curah hujan otomatis berbasis mikrokontroler dan teknologi *internet of things*. Penelitian ini juga diharapkan dapat membantu mengatasi permasalahan mengenai kebutuhan data curah hujan bagi petani, pemerintah, perusahaan ataupun masyarakat pada umumnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hujan

Hujan merupakan salah satu fenomena alam yang terdapat dalam siklus hidrologi dan sangat dipengaruhi iklim. Keberadaan hujan sangat penting dalam kehidupan, karena hujan merupakan salah satu sumber air yang dapat mencukupi kebutuhan air yang sangat dibutuhkan oleh semua makhluk hidup.

Hujan terjadi karena sebuah proses kondensasi uap air di atmosfer menjadi butir air yang cukup berat untuk jatuh dan biasanya tiba di permukaan. Hujan biasanya terjadi karena pendinginan suhu udara atau penambahan uap air ke udara. Hal tersebut tidak lepas dari kemungkinan akan terjadi bersamaan. Turunnya hujan biasanya tidak lepas dari pengaruh kelembaban udara yang memacu jumlah titik-titik air yang terdapat pada udara. Indonesia memiliki daerah yang dilalui garis khatulistiwa dan sebagian besar daerah di Indonesia merupakan daerah tropis, walaupun demikian beberapa daerah di Indonesia memiliki intensitas hujan yang cukup besar (Wirjohamidjojo dan Swarinoto, 2007).

Hujan merupakan gejala meteorologi dan juga unsur klimatologi. Hujan adalah hydrometeor yang jatuh berupa partikel-partikel air yang mempunyai diameter 0.5 mm atau lebih. Hydrometeor yang jatuh ke tanah disebut hujan

sedangkan yang tidak sampai tanah disebut Virga (Wirjohamidjojo dan Swarinoto, 2007).. Hujan yang sampai ke permukaan tanah dapat diukur dengan jalan mengukur tinggi air hujan tersebut dengan berdasarkan volume air hujan per satuan luas. Hasil dari pengukuran tersebut dinamakan dengan curah hujan.

2.1.1. Curah Hujan

Curah hujan merupakan salah satu unsur cuaca yang datanya diperoleh dengan cara mengukurnya dengan menggunakan alat penakar hujan, sehingga dapat diketahui jumlahnya dalam satuan millimeter (mm). Curah hujan 1 mm adalah jumlah air hujan yang jatuh di permukaan per satuan luas (m^2) dengan catatan tidak ada yang menguap, meresap atau mengalir. Jadi, curah hujan sebesar 1 mm setara dengan 1 liter/ m^2 (Aldrian dan Karmini, 2011). Curah hujan dibatasi sebagai tinggi air hujan yang diterima di permukaan sebelum mengalami aliran permukaan, evaporasi dan peresapan ke dalam tanah.

Berdasarkan ukuran butiran, hujan dapat dibedakan menjadi:

1. Hujan gerimis/*drizzle*, dengan diameter butirannya kurang dari 0,5 mm.
2. Hujan salju /*snow*, adalah kristal-kristal es yang temperatur udaranya berada di bawah titik beku (0°C).
3. Hujan batu es, curahan batu es yang turun didalam cuaca panas awan yang temperaturnya dibawah titik beku (0°C).
4. Hujan deras/*rain*, dengan curah hujan yang turun dari awan dengan nilai temperatur diatas titik beku berdiameter butiran ± 7 mm.

Jenis-jenis hujan berdasarkan besarnya curah hujan menurut BMKG dibagi menjadi tiga, yaitu :

1. Hujan sedang, 20 - 50 mm per hari.
2. Hujan lebat, 50-100 mm per hari.
3. Hujan sangat lebat, di atas 100 mm per hari.

Intensitas curah hujan merupakan ukuran jumlah hujan per satuan waktu tertentu selama hujan berlangsung. Hujan umumnya dibedakan menjadi 5 tingkatan sesuai intensitasnya seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tingkatan hujan berdasarkan intensitasnya

Tingkatan	Intensitas (mm/menit)
Sangat lemah	< 0,02
Lemah	0,02 – 0,05
Sedang	0,05 – 0,25
Deras	0,25 – 1
Sangat deras	>1

(Sumber : Mori dkk., 1999)

Data hujan mempunyai variasi yang sangat besar dibandingkan unsur iklim lainnya, baik variasi menurut tempat maupun waktu. Data hujan biasanya disimpan dalam satu hari dan berkelanjutan. Dengan mengetahui data curah hujan kita dapat melakukan pengamatan di suatu daerah untuk pengembangan dalam bidang pertanian dan perkebunan. Selain itu dapat juga digunakan untuk mengetahui potensi suatu daerah terhadap bencana alam yang disebabkan oleh faktor hujan (Mori dkk., 1999).

Intensitas hujan adalah banyaknya curah hujan persatuan jangka waktu tertentu. Apabila dikatakan intensitasnya besar berarti hujan lebat dan kondisi ini sangat berbahaya karena berdampak dapat menimbulkan banjir, longsor dan efek negatif terhadap tanaman. Hujan merupakan unsur fisik lingkungan yang paling beragam baik menurut waktu maupun tempat dan hujan juga merupakan faktor penentu serta faktor pembatas bagi kegiatan pertanian secara umum. Oleh karena itu klasifikasi iklim untuk wilayah Indonesia (Asia Tenggara umumnya) seluruhnya dikembangkan dengan menggunakan curah hujan sebagai kriteria utama (Lakitan, 1997 dalam Indayanti, 2009).

Berdasarkan penelitian Susilowati (2010), dari tiga variabel yang mewakili curah hujan, yaitu intensitas, durasi dan frekuensi dapat diperoleh menggunakan kurva IDF bahwa intensitas hujan yang tinggi berlangsung dalam durasi yang pendek, selain itu dengan menggunakan kurva IDF tersebut dapat digunakan untuk menentukan banjir rencana dengan mempergunakan metode rasional.

2.2. Alat Pengukur Curah Hujan

Alat pengukur hujan secara umum dinamakan penakar hujan. Pada penempatan yang baik, jumlah air hujan yang masuk ke dalam sebuah penakar hujan merupakan nilai yang mewakili untuk daerah di sekitarnya. Kerapatan penempatan penakar di suatu daerah tidak sama, secara teori jumlah dan pola penempatan penakar hujan itu sendiri. Pedoman yang dikeluarkan WMO (*World Meteorology Organization*) menyebutkan bahwa untuk daerah tropis seperti

Indonesia, diperlukan kerapatan minimum sebesar 300-1000 km² tiap pos hujan untuk keadaan normal (Khusnawati, 2015).

Berdasarkan mekanismenya, alat pengukur curah hujan terbagi menjadi dua jenis yaitu tipe manual dan tipe otomatis.

2.2.1. Alat Pengukur Curah Hujan Otomatis

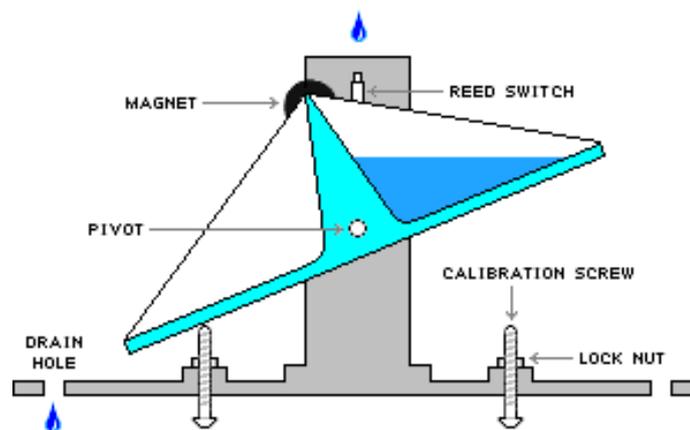
Alat ukur hujan otomatis adalah alat penakar hujan yang mekanisme pencatatan besarnya hujan bersifat otomatis (perekam). Dengan alat ini data hujan yang diperoleh selain besarnya curah hujan selang periode waktu tertentu, juga dapat dicatat lama waktu hujan. Dengan demikian besarnya intensitas curah hujan dapat ditentukan. Pada dasarnya alat hujan otomatis ini sama dengan alat ukur hujan manual yang terdiri dari tiga komponen, yaitu corong, bejana pengumpul, dan alat ukur. Perbedaannya adalah alat ukur otomatis ini komponen bejana pengumpul, dan alat ukurnya dibuat secara khusus (Mori dkk., 1999).

2.2.2. Alat Pengukur Curah Hujan Otomatis Tipe *Tipping Bucket*

Salah satu jenis alat ukur curah hujan otomatis yaitu tipe *tipping bucket*. *Tipping bucket rain gauge* merupakan alat penakar hujan yang menggunakan prinsip menimbang berat air hujan yang tertampung menggunakan *bucket* atau ember kemudian disalurkan dengan sebuah skala ukur (pias) yang telah ditetapkan berdasarkan pengujian dan kalibrasi. Berdasarkan catatan sejarah, pada tahun 1662 untuk pertama kalinya Christopher Wren menciptakan sebuah perekam curah hujan tipe *tipping bucket rain gauge* di Inggris dengan alat perekam menggunakan kertas yang dilubangi berdasarkan jumlah curah hujan yang terekam. Pada

perkembangannya, alat ini kemudian dihubungkan dengan pena dan kertas pias yang berada pada silinder yang berputar untuk merekam data curah hujan yang terjadi (Savitri, 2015).

Jenis penakar hujan *tipping bucket* ini memiliki bentuk silinder yang terbuat dari tembaga silinder besar yang tertanam dalam tanah serta instrumen yang ada di atasnya berupa silinder dengan luas permukaan corong 400 cm², tinggi 100 cm, dan berat bersih 30 kg. Jika dilihat dari atas, di tengah - tengah dasar corong terdapat saringan kawat untuk mencegah benda-benda masuk ke ember (*bucket*). Pada bagian muka terdapat sebuah pintu untuk mengeluarkan alat pencatat, silinder jam, dan ember penampung air hujan (*bucket*). Jika pintu penakar hujan dalam keadaan terbuka pada bagian dalam instrumen ini (kurang lebih 40 cm dari dasar) terdapat alat pencatat yang terdiri dari alat-alat mekanis yang terletak di dalam kotak berdinding kaca (Savitri, 2015). Skema penakar curah hujan tipe *tipping bucket* dapat dilihat pada Gambar 1.

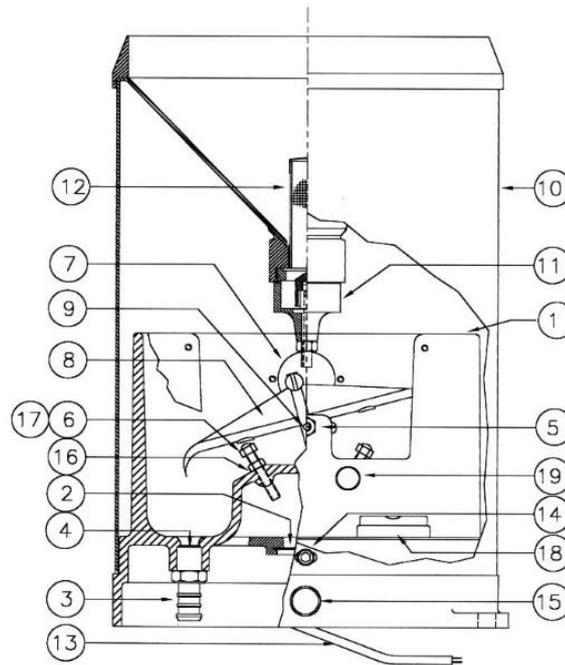


Gambar 1. Skema alat pengukur curah hujan *Tipping Bucket*

(Sumber : weathershack.com)

2.2.3. Bagian-Bagian dan Prinsip Kerja *Tipping Bucket*

Dalam pengoperasiannya secara otomatis, penakar hujan tipe *tipping bucket* memiliki komponen-komponen yang bergerak secara mekanis. Komponen-komponen tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagian-bagian *Tipping Bucket*

(Sumber : *Instruction Manual Tipping Bucket Rain gauge Model TB3*)

Tabel 2. Keterangan bagian-bagian *Tipping Bucket*

No.	Keterangan	No.	Keterangan
1	<i>Base</i>	10	<i>Assy Enclosure</i>
2	<i>Insect Screen</i>	11	<i>Assy Syphon</i>
3	<i>Fitting</i>	12	<i>Assy Filter</i>
4	<i>Insect Screen</i>	13	<i>Connecting Lead</i>
5	<i>Pivot Screw C/W Nut</i>	14	<i>Screw</i>
6	<i>Adjusting Screw</i>	15	<i>Grommet</i>
7	<i>Assy Reed Switch</i>	16	<i>Lock Nut</i>
8	<i>Assy Bucket (Metal)</i> <i>Assy Bucket (Plastic)</i>	17	<i>Screw</i>
9	<i>Bucket Axle</i>	18	<i>Bullseye Level</i>
		19	<i>Knurled Head Lock Screw</i>

(Sumber : *Instruction Manual Tipping Bucket Rain gauge Model TB3*)

Pengukuran yang dilakukan *tipping bucket* cocok untuk akumulasi hujan yang berjumlah di atas 200 mm/jam atau lebih. Prinsip kerja dari alat ini cukup sederhana. Wadah yang terbuat dari tembaga ringan atau ember terbagi dalam dua bagian yang berupa corong besar dan corong kecil yang diseimbangkan dalam keadaan tidak stabil secara horizontal. Ketika hujan turun dalam jumlah cukup banyak (lebih dari 200 mm) menyebabkan penopang tidak stabil karena bertambah berat sehingga air akan tumpah ke dalam. Pada waktu ember terguling, penahan ember ikut bergerak naik turun. Penahan ember mempunyai dua buah tangkai yang berhubungan dengan roda bergigi. Gerakan naik turun penahan ember menyebabkan kedua tangkainya bergerak pula dan dengan bentuknya yang khusus dapat memutar roda bergigi berlawanan dengan arah perputaran jarum jam (Savitri, 2015).

Menurut Evita M, dkk. (2010) menyebutkan bahwa dalam tahap pengambilan data curah hujan, kerucut (corong) penampung curah hujan tidak selalu penuh, hal tersebut dikarenakan waktu yang diperlukan dalam pengambilan data curah hujan sangat memengaruhi perhitungan curah hujan yang disebabkan oleh kecepatan air hujan yang keluar dari kerucut (corong). Pada pengujian yang dilakukan oleh Permana (2015) dilakukan dengan cara memanipulasi laju aliran yang keluar dari *shower* pada beberapa keadaan, simulasi hujan yang dibuat yaitu selama ± 20 menit.

Perputaran roda gigi diteruskan ke roda berbentuk jantung. Roda yang berbentuk jantung mempunyai sebuah per yang menghubungkan kedua pengatur kedudukan pena yang letak ujungnya selalu bersinggungan dengan tepi roda. Perputaran roda

berbentuk jantung akan menyebabkan kedudukan pena bergerak sepanjang tepi roda. Perubahan kedudukan ini diteruskan ke pena yang bergerak pada pias sehingga dapat menghasilkan pencatatan. Dengan demikian, jumlah curah hujan yang jatuh dapat dinyatakan dengan jumlah gulingan ember atau jumlah yang tercatat pada pias. Penakar curah hujan *tipping bucket* secara umum digunakan dalam stasiun otomatis karena sifat data yang diperoleh bersifat *digital*, artinya data yang diperoleh merupakan hasil pencatatan pias. Gerakan dari roda gigi akibat pengaruh dari gerakan ember dapat diamati dan dikalkulasikan dalam periode tertentu untuk menghasilkan data curah hujan yang lebih akurat. Hal itu dapat dilakukan dengan pencatat grafik (Savitri, 2015).

Alat penakar hujan jenis *tipping bucket* ini sering digunakan karena cocok untuk pencatatan yang jauh karena tidak membutuhkan kabel, yaitu menggunakan sinyal listrik. Oleh sebab itu, alat ukur jenis ini sering digunakan untuk jangka waktu yang lama dan sering digunakan untuk pengamatan hujan di daerah pegunungan untuk peramalan banjir dan perencanaan pemanfaatan air yang lainnya (Mori dkk., 1999).

2.3. Mikrokontroler

Mikroprosesor adalah sebuah IC (*Integrated Circuit*) yang digunakan sebagai otak/pengolah utama dalam sebuah sistem komputer yang merupakan hasil dari pertumbuhan teknologi semikonduktor. Pertama kali diperkenalkan pada tahun 1971 oleh Intel Corporation, yaitu intel 4004 yang mempunyai arsitektur 4 bit. Dengan beberapa penambahan peripheral (memori, piranti, I/O dan sebagainya), intel 4004 dapat diubah menjadi sebuah komputer kecil. Setelah itu teknologi

mikroprosesor berkembang sangat pesat dengan diperkenalkannya mikroprosesor baru oleh Intel, yaitu 8080 (berarsitektur 8 bit), 8005, dan kemudian 8086 (berarsitektur 16 bit). Perusahaan semikonduktor lain juga mengembangkan mikroprosesor lain, antara lain Motorola dengan M6800 dan Zilog dengan Z80-nya (Susilo, 2010).

Dalam sebuah mikrokomputer (PC = *Personal Computer* merupakan salah satu jenis mikrokomputer), sebuah mikroprosesor merupakan CPU (unit pengolah pusat) sistem. Jadi pada PC, mikroprosesor digunakan sebagai pengolah utama pada semua kerja komputer, yaitu untuk menjalankan perangkat lunak, memecahkan permasalahan-permasalahan aritmatika, mengendalikan proses *input/output*, dan sebagainya. Secara umum, mikroprosesor dengan piranti pendukungnya dikatakan membentuk suatu mikrokomputer. Jika CPU dan peralatan pendukungnya berada pada IC yang sama, serta digunakan untuk penerapan sistem kendali maka IC tersebut disebut sebagai mikrokontroler. Contoh dari mikrokontroler yaitu, Intel 8051, Motorola 68HC11, ATMEL, AVR dan sebagainya (Susilo, 2010).

Dengan berkembangnya mikroprosesor/mikrokontroler, teknologi elektronika mengalami banyak revolusi. Mikroprosesor dan mikrokontroler mulai banyak digunakan dalam berbagai aplikasi elektronika, antara lain di bidang otomatisasi industri, otomotif, pengukuran, telekomunikasi, penerbangan dan sebagainya. Keuntungan dari penggunaan mikroprosesor dan mikrokontroler adalah sistem yang diciptakan menjadi sangat fleksibel karena modifikasi dan pengembangan cukup dilakukan pada perangkat lunaknya (Susilo, 2010).

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah chip. Di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan input output. Dengan kata lain, mikrokontroler adalah suatu alat elektronika *digital* yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data. Mikrokontroler merupakan komputer di dalam *chip* yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya. Secara harfiahnya bisa disebut “pengendali kecil” dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS dapat direduksi/diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini (Setiawan, 2006).

2.3.1. Prinsip Kerja Mikrokontroler

Prinsip kerja mikrokontroler adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan nilai yang berada pada register *Program Counter*, mikrokontroler mengambil data ROM dengan *address* sebagaimana nilai yang tertera pada *Program Counter*. Selanjutnya *Program Counter* ditambah nilainya dengan 1 (*Increment*) secara otomatis. Data yang diambil tersebut adalah urutan instruksi program pengendali mikrokontroler yang sebelumnya telah dibuat oleh pemakai.
2. Instruksi tersebut diolah dan dijalankan. Proses pengerjaan bergantung pada jenis instruksi: bisa membaca, mengubah nilai-nilai *register*, RAM,

isi *port*, atau melakukan pembacaan dan dilanjutkan dengan perubahan data.

3. *Program Counter* telah berubah nilainya (baik karena penambahan otomatis sebagaimana pada langkah 1 di atas atau karena perubahan pada langkah 2). Selanjutnya yang dilakukan mikrokontroler adalah mengulang kembali siklus ini pada langkah 1. Demikian seterusnya hingga *power* dimatikan.

Dari pengertian di atas dapat disimpulkan bahwa pada dasarnya unjuk kerja mikrokontroler sangatlah bergantung pada urutan instruksi yang dijalankannya, yaitu program yang ditulis di ROM (Setiawan, 2006).

Dengan membuat program yang bermacam-macam, maka tentunya mikrokontroler dapat mengerjakan proses yang bermacam-macam pula. Fasilitas-fasilitas yang ada misalnya, *timer/counter*, *port I/O*, *serial port*, *Analog to Digital Converter* (ADC) dapat dimanfaatkan oleh program untuk menghasilkan proses yang diinginkan. Misalnya saja ADC digunakan oleh sebuah mikrokontroler pengendali alat ukur digital untuk mengukur tegangan sinyal *input*. Kemudian hasil pembacaan ADC diolah untuk kemudian dikirimkan ke sebuah display yang terhubung pada port I/O, menampilkan hasil pembacaan yang telah diolah. Proses pengendalian ADC, pemberian sinyal-sinyal yang tepat pada *display* ke semuanya dikerjakan secara berurutan pada program yang ditulis di ROM (Setiawan, 2006).

Dalam percobaan aplikasi mikrokontroler pada alat pengukur curah hujan yang dilakukan oleh Novianta (2011), penggunaan mikrokontroler ATmega 8535 sangat efektif sebagai pengolah data pengirim serta pengolah data penerima

karena tidak membutuhkan ADC eksternal sedangkan data hasil pengamatan didasarkan pada waktu yang dilakukan saat data terekam (*time stamp*).

2.3.2. Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Arduino Mega2560 adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega2560 (*datasheet* ATmega2560). Arduino Mega2560 memiliki 54 pin *digital input/output*, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM, 16 pin sebagai *input analog*, dan 4 pin sebagai UART (*port serial hardware*), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, *jack power*, *header ICSP*, dan tombol *reset*. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau *power* dihubungkan dengan adaptor AC-DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya (Andrianto dan Darmawan, 2016).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Sofyan (2016) mikrokontroler ATmega2560 digunakan sebagai pengendali suhu dengan nilai *setpoint* yang dibutuhkan.

Mikrokontroler mengendalikan komponen elektronika untuk menjaga kestabilan suhu dengan mengaktifkan pemanas DC 12 Volt. Kendali suhu yang dilakukan dengan menggunakan sensor LM35 sebagai masukan data ke mikrokontroler, untuk membaca keadaan lingkungan. Hasil pembacaan lingkungan menjadi dasar mikrokontroler untuk melakukan aksi agar sesuai dengan nilai *set point*.

Arduino Mega2560 kompatibel dengan sebagian besar *shield* yang dirancang untuk Arduino Duemilanove atau Arduino Diecimila. Arduino Mega2560 adalah

versi terbaru yang menggantikan versi Arduino Mega (Andrianto dan Darmawan, 2016). Spesifikasi sederhana dari Arduino Mega2560 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi mikrokontroler ATmega2560

No.	Spesifikasi	Keterangan
1	Tegangan Operasi	5V
2	Input Voltage (disarankan)	7-12V
3	Input Voltage (limit)	6-20V
4	Pin Digital I/O	54 (yang 15 pin digunakan sebagai output PWM)
5	Pins Input Analog	16
6	Arus DC per pin I/O	40 mA
7	Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
8	Flash Memory	256 KB (8 KB digunakan untuk bootloader)
9	SRAM	8 KB
10	EEPROM	4 KB
11	Clock Speed	16 MHz

(Sumber : Andrianto dan Darmawan, 2016)

Papan Arduino ATmega2560 dapat beroperasi dengan pasokan daya eksternal 6 Volt sampai 20 volt. Jika diberi tegangan kurang dari 7 Volt, maka, pin 5 Volt mungkin akan menghasilkan tegangan kurang dari 5 Volt dan ini akan membuat papan menjadi tidak stabil. Jika sumber tegangan menggunakan lebih dari 12 Volt, regulator tegangan akan mengalami panas berlebihan dan bisa merusak papan. Rentang sumber tegangan yang dianjurkan adalah 7 Volt sampai 12 Volt. Arduino ATmega2560 memiliki 256 kb *flash memory* untuk menyimpan kode (yang 8 kb digunakan untuk *bootloader*), 8 kb SRAM dan 4 kb EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan EEPROM) (Andrianto dan Darmawan, 2016).

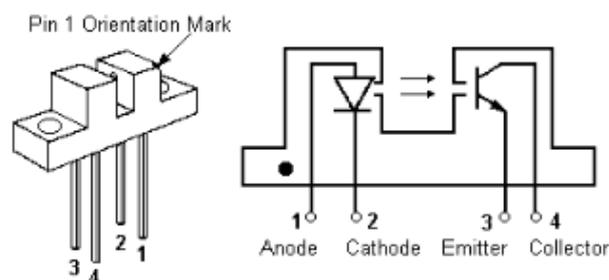
Arduino Mega2560 memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, dengan Arduino lain, atau dengan mikrokontroler lainnya. Arduino

ATmega328 menyediakan 4 *hardware* komunikasi serial UART TTL (5 Volt). Sebuah chip ATmega16U2 (ATmega8U2 pada papan Revisi 1 dan Revisi 2) yang terdapat pada papan digunakan sebagai media komunikasi serial melalui USB dan muncul sebagai COM Port Virtual (pada Device komputer) untuk berkomunikasi dengan perangkat lunak pada komputer, untuk sistem operasi Windows masih tetap memerlukan file inf, tetapi untuk sistem operasi OS X dan Linux akan mengenali papan sebagai port COM secara otomatis. Perangkat lunak Arduino termasuk didalamnya serial monitor memungkinkan data tekstual sederhana dikirim ke dan dari papan Arduino. LED RX dan TX yang tersedia pada papan akan berkedip ketika data sedang dikirim atau diterima melalui chip USB-to-serial yang terhubung melalui USB komputer (tetapi tidak untuk komunikasi serial seperti pada pin 0 dan 1) (Andrianto dan Darmawan, 2016).

Karakteristik fisik arduino mega ATmega2560 maksimum panjang dan lebar PCB Mega2560 adalah 4 x 2.1 inci (10,16 x 5,3 cm), dengan konektor USB dan *jack power* menonjol melampaui batas dimensi. Empat lubang sekrup memungkinkan papan terpasang pada suatu permukaan atau wadah. Perhatikan bahwa jarak antara pin digital 7 dan 8 adalah 160 mil (0.16"), tidak seperti pin lainnya dengan kelipatan genap berjarak 100 mil (Andrianto dan Darmawan, 2016).

2.4. Optocoupler

Optocoupler adalah suatu piranti yang terdiri dari 2 bagian yaitu *transmitter* dan *receiver*, yaitu antara bagian cahaya dengan bagian deteksi sumber cahaya terpisah. Bagian-bagian dari *Optocoupler* dapat dilihat ada Gambar 3.



Gambar 3. Bagian-bagian *optocoupler*
(Sumber : Khamdi, 2014)

Optocoupler merupakan salah satu jenis komponen yang memanfaatkan sinar sebagai pemicu *on/off*-nya. *Opto* berarti *optic* dan *coupler* berarti pemicu. Sehingga bisa diartikan bahwa *optocoupler* merupakan suatu komponen yang bekerja berdasarkan picu cahaya *optic opto-coupler* termasuk dalam sensor, dimana terdiri dari dua bagian yaitu *transmitter* dan *receiver* (Khamdi, 2014).

2.4.1. Prinsip Kerja *Optocoupler*

Jika antara *phototransistor* dan LED terhalang maka *phototransistor* tersebut akan *off* sehingga keluaran dari kolektor akan berlogika *high*. Sebaliknya jika antara *phototransistor* dan LED tidak terhalang maka *phototransistor* tersebut akan *on* sehingga keluarannya akan berlogika *low*. Dipasaran, *optocoupler* tersedia dengan tipe 4N25/4N35 dan mempunyai tegangan isolasi 7500 volt dengan kemampuan maksimal LED dialiri arus maju sebesar 3A (Khamdi, 2014).

Salah satu aplikasi penggunaan *optocoupler* yaitu untuk dijadikan sensor dalam sistem kendali. Subito dan Rizal (2012), menerapkan *optocoupler* sebagai sensor untuk memodifikasi Kwh-meter konvensional dengan prinsip membaca jumlah putaran piringan untuk kemudian disampaikan ke mikrokontroler AT89S52 yang akan mengolahnya menjadi data rupiah biaya listrik yang ditampilkan pada LCD.

2.5. Real Time Clock DS1307

Real Time Clock DS1307 adalah modul penunjuk waktu dan tanggal dengan dukungan *battery* cadangan dan SRAM 56 bytes. Informasi waktu yang dapat ditunjukkan diantaranya yaitu, detik, menit, jam, hari, bulan dan tahun. Tanggal pada akhir bulan akan secara otomatis dengan bulan selanjutnya, termasuk pada tahun kabisat. D1307 beroperasi sebagai *slave device* pada I2C bus. Akses akan diperoleh dengan menerapkan kondisi START dan menyediakan identifikasi perangkat kode diikuti oleh *register address*. Beberapa *register* dapat dibaca sampai STOP *condition* dikirim (Anonim₃, 2015).

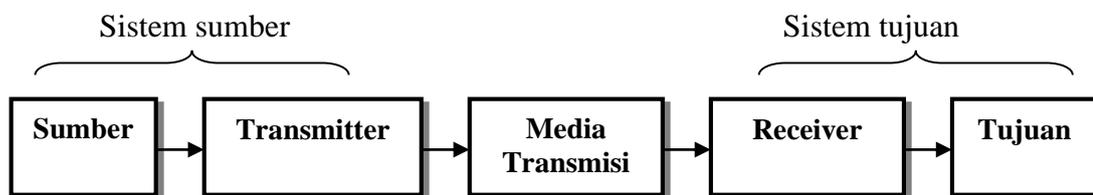
Informasi mengenai waktu dan tanggal diperoleh sesuai dengan pembacaan *byte* pada *register*, dengan format BCD. Masing-masing pembacaan *byte* memiliki fungsinya. Data waktu dan tanggal tersimpan dalam memori masing masing 1 *byte*, mulai dari alamat 00H sampai 07H. Sisanya (08H ~ 3FH alamat RAM yg bisa digunakan). Karena informasi waktu disimpan di dalam sebuah RAM dengan alamat yang sudah ditentukan, maka user dapat mengambil datanya dengan sebuah mikrokontroler, dan hubungannya dengan mikrokontroler yaitu sebagai komponen memori eksternal (Anonim₃, 2015).

2.6. Sistem Transmisi Data

Transmisi adalah pergerakan informasi melalui sebuah media telekomunikasi. Transmisi memperhatikan pembuatan saluran yang dipakai untuk mengirim informasi, serta memastikan bahwa informasi sampai secara akurat dan dapat diandalkan. Transmisi data merupakan proses pengiriman data dari sumber data

ke penerima data melalui media pengiriman tertentu. Misalnya dari perangkat input ke pemroses, pemroses ke *storage*, pemroses ke media *output*, atau bahkan dari suatu sistem komputer ke sistem komputer lainnya. Dua faktor yang mempengaruhi keberhasilan dari suatu transmisi data yaitu, kualitas sinyal yang ditransmisi dan karakteristik media transmisi (Alaydrus, 2009).

Prinsip dasar dari sistem komunikasi data adalah suatu cara untuk melakukan sebuah pertukaran data dari kedua pihak. Diagram sistem komunikasi data dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Sistem komunikasi data

Pada diagram model komunikasi data sederhana dapat dijelaskan :

1. Sumber (*Source*) : Alat ini membangkitkan data sehingga dapat ditransmisikan.
2. Pengirim (*Transmitter*) : Pada bagian ini data yang dibangkitkan dari sistem sumber tidak ditransmisikan secara langsung dalam bentuk aslinya namun pada sebuah *transmitter* cukup memindahkan informasi dengan menghasilkan sinyal elektromagnetik yang dapat ditransmisikan dengan beberapa sistem transmisi berurutan.
3. Media Transmisi (*Transmission media*) : Merupakan jalur transmisi tunggal yang menghubungkan antara sumber dan tujuan.

4. Penerima (*Receiver*) : Pada bagian ini sinyal dari pengirim diterima dari sistem transmisi dan memindahkan bentuk sinyal elektromagnetik menjadi digital yang dapat ditangkap oleh tujuan.
5. Tujuan (*Destination*) : Alat ini menerima data yang dihasilkan oleh penerima.

Dalam sebuah transmisi data dapat berupa *simplex* yaitu sinyal ditransmisikan hanya pada satu arah, *half duplex* yaitu kedua stasiun dapat mentransmisikan, namun hanya satu pada saat yang sama, *full duplex* yaitu kedua stasiun bisa mentransmisikan secara bersamaan (Alaydrus, 2009).

2.6.1. Internet of Things

Internet of Things (IoT) diartikan sebagai suatu metode yang dilakukan untuk menghubungkan suatu benda nyata atau perangkat keras (*device*) apapun itu dengan koneksi internet melalui jaringan lokal ataupun global. Benda-benda tersebut tertanam sensor dan atau aktuator yang berfungsi sebagai otomatisasinya. Pada dasarnya teknologi IoT diciptakan untuk memudahkan manusia dalam segala hal (Kurniadi, 2015).

Koneksi IoT terbagi menjadi dua jenis, yaitu *local area connection* dan *wide area connection*. *Local area connection* memungkinkan suatu benda terhubung pada suatu benda lainnya dengan menggunakan jaringan nirkabel namun dalam jarak yang terbatas. Koneksi lokal ini biasanya menggunakan Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, RFID, dan NFC. Sedangkan untuk *wide area connection* memungkinkan suatu

benda terhubung dengan jaringan internet global melalui, jaringan GSM, GPRS, 3G atau LTE (Anonim₄, 2015).

Aplikasi IoT pada sistem kontrol pada umumnya digunakan dalam penyimpanan dan penampil data. Suatu benda yang menggunakan satu atau lebih sensor pada umumnya digunakan untuk membaca suatu keadaan tertentu, seperti lokasi, getaran, dan suhu. Benda tersebut notabene memerlukan suatu metode untuk menyimpan dan menampilkan data secara efektif, maka oleh karena itu metode IoT digunakan untuk memudahkan pengguna dalam pengambilan data yang terbaca sensor (Anonim₄, 2015).

2.6.2. Prinsip Kerja *Internet of Things*

Dasar prinsip kerja perangkat IoT adalah, benda (perangkat keras) di dunia nyata diberikan identitas unik dan dapat dikali di sistem komputer dan dapat di representasikan dalam bentuk data di sebuah sistem komputer. Pada awalnya implementasi gagasan IoT pengenal yang digunakan agar benda dapat diidentifikasi dan dibaca oleh komputer adalah dengan menggunakan kode batang (*Barcode*), Kode QR (*QR Code*) dan Identifikasi Frekuensi Radio (RFID). Dalam perkembangannya sebuah benda dapat diberi pengenal berupa *IP address* dan menggunakan jaringan internet untuk bisa berkomunikasi dengan benda lain yang memiliki pengenal *IP address* (Arie, 2016).

Cara kerja IoT yaitu dengan memanfaatkan sebuah argumentasi pemrograman yang dimana setiap perintah argumennya itu menghasilkan sebuah interaksi antara sesama mesin yang terhubung secara otomatis tanpa campur tangan *user* dan

dalam jarak yang tidak terbatas. Penghubung di antara kedua interaksi mesin tersebut adalah koneksi internet, sementara *user* hanya bertugas sebagai pengatur dan pengawas bekerjanya alat tersebut secara langsung (Arie, 2016).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Daya, Alat dan Mesin Pertanian serta Laboratorium Rekayasa Sumberdaya Air dan Lahan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Sedangkan waktu penelitian dilaksanakan pada bulan September 2016 - Maret 2017.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu solder listrik, perangkat komputer, *software arduino*, *software browser*, obeng, *breadboard*, gergaji besi, las listrik, tang potong, bor tangan, gerinda tangan, meteran, gelas ukur, gelas penampung, *hand sprayer*, alat tulis dan kamera.

Sedangkan bahan yang digunakan yaitu mikrokontroler ATmega2560, *optocoupler*, *Arduino Ethernet Shield*, Modem GSM 3.75G, Kabel RJ-45, *TP-Link (Router)*, *Terminal Block*, timah, elektroda, kabel jumper, *USB Connector*, Simcard GSM, adaptor 220v~5v, LCD 2x16, *Real Time Clock (RTC)*, MicroSD, aluminium, corong, selang, akrilik, *panel box*, dan kawat.

3.3. Kriteria Desain

Alat pengukur curah hujan otomatis tipe *tipping bucket* berbasis mikrokontroler ini dirancang untuk dapat merekam data curah hujan (mm) dalam setiap satu jam sekali. Metode transmisi data pada alat ini berbasis *Internet of Things*. Data yang direkam oleh alat ini akan diproses melalui mikrokontroler yang kemudian data tersebut dikirim menuju *Google Spreadsheet* melalui *Google Form*. User dapat melihat data yang tersimpan menggunakan perangkat lunak *browser* pada perangkat komputer ataupun *gadget smartphone* dengan cara menuliskan alamat *website* yang telah ditentukan.

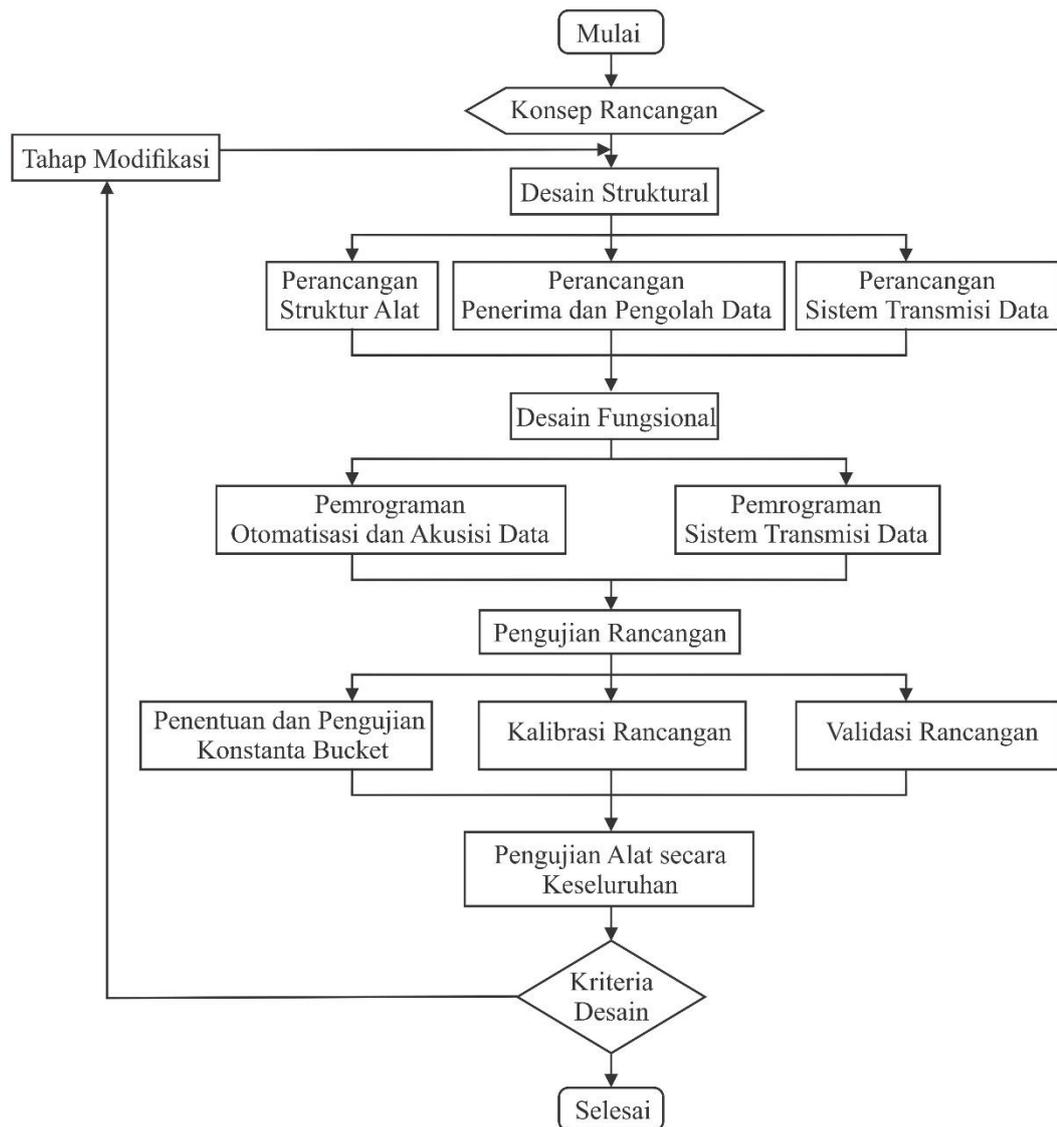
3.4. Prosedur Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dimulai dengan mengonsep rancangan alat, desain struktural, desain fungsional, hingga tahap pengujian kinerja alat dan pengujian transmisi data. Desain struktural yaitu tahapan perancangan alat secara utuh dan menyeluruh sedangkan desain fungsional yaitu penjelasan tentang fungsi dari setiap komponen yang digunakan pada perancangan alat. Apabila tahap desain telah selesai, maka selanjutnya dapat dilakukan tahapan kalibrasi dan validasi terhadap alat yang dibuat. Sedangkan untuk tahapan terakhir pada penelitian ini, yaitu pengujian alat secara keseluruhan. *Flowchart* tahapan penelitian dari proses perancangan hingga tahap uji coba dapat dilihat pada Gambar 5.

3.5. Perancangan Alat

Perancangan alat pada penelitian ini merupakan tahapan perakitan alat dari konsep perancangan hingga menjadi alat yang utuh dan siap untuk dilakukan pengujian.

Dalam proses perancangan, dibagi menjadi dua tahapan yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*), kemudian dilanjutkan dengan perancangan perangkat lunak (*software*), dan juga interaksi antara keduanya. Proses perancangan dibagi menjadi dua, yaitu desain struktural dan desain fungsional.



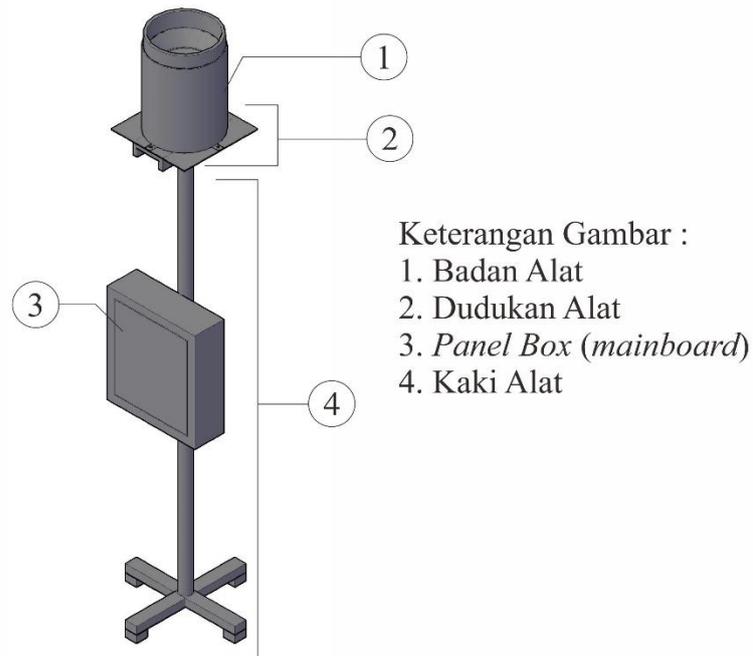
Gambar 5. Diagram prosedur penelitian

3.6. Desain Struktural

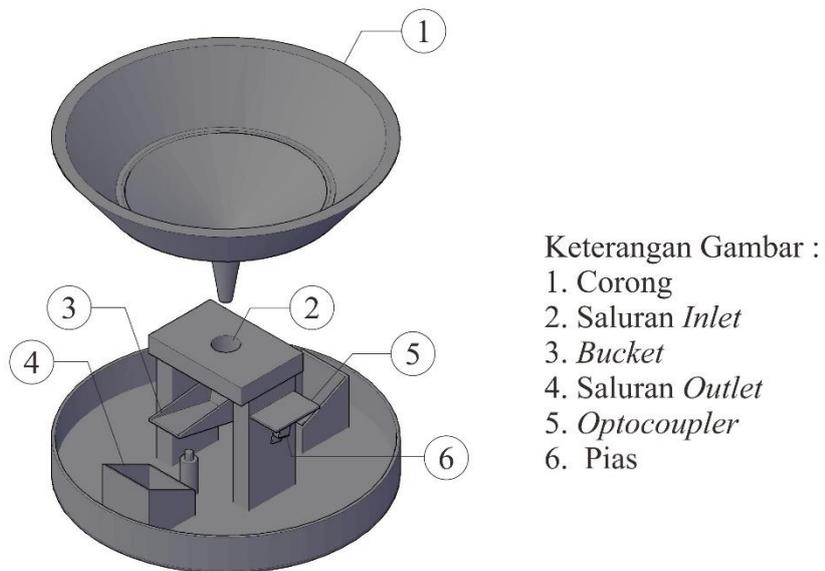
Alat pengukur curah hujan otomatis tipe *tipping bucket* ini dirancang untuk dapat membaca data curah hujan secara otomatis, yang kemudian dapat menampilkan datanya pada alamat *website* yang telah ditentukan sesuai dengan kriteria desain. Desain struktural merupakan tahapan perancangan alat untuk memberikan gambaran tentang pembuatan alat secara menyeluruh dimulai dari bentuk alat yang akan dibuat dan sistem kerja alat. Pada proses perancangan yang pertama yaitu perancangan perangkat keras, terbagi menjadi tiga bagian yaitu perangkat keras bagian struktur alat pengukur curah hujan, perangkat keras bagian penerima dan pengolah data, serta perangkat keras bagian sistem transmisi data.

3.6.1. Struktur Alat Pengukur Curah Hujan Tipe *Tipping Bucket*

Pembuatan alat pengukur curah hujan tipe *tipping bucket* ini, menggunakan material aluminium pada bagian badan alat dan komponen dalam, plastik pada bagian corong atas, serta menggunakan bahan akrilik pada sistem mekanisnya. Alat ini memiliki ukuran diameter corong atas 16,5 cm, tinggi badan alat 35,5 cm dan kaki alat 200 cm. Desain rancangan alat dalam bentuk CAD dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Desain alat pengukur curah hujan *tipping bucket* tampak luar



Gambar 7. Desain alat pengukur curah hujan *tipping bucket* tampak dalam

3.6.2. Penerima dan Pengolah Data

Pada bagian ini data diterima oleh satu buah optocoupler sebagai sensor.

Optocoupler akan dihubungkan oleh mikrokontroler sebagai *input data*.

Optocoupler diletakkan pada bagian depan dudukan *bucket* yang akan berfungsi ketika pias ikut berayun saat *bucket* bergerak kemudian terjadi *tipping*.

Data yang didapat oleh *optocoupler* tersebut akan diterima oleh mikrokontroler, bagian ini merupakan bagian pengolah data. Selain mikrokontroler, bagian pengolahan data juga membutuhkan perangkat *Real Time Clock* yang berfungsi sebagai pencatat waktu.

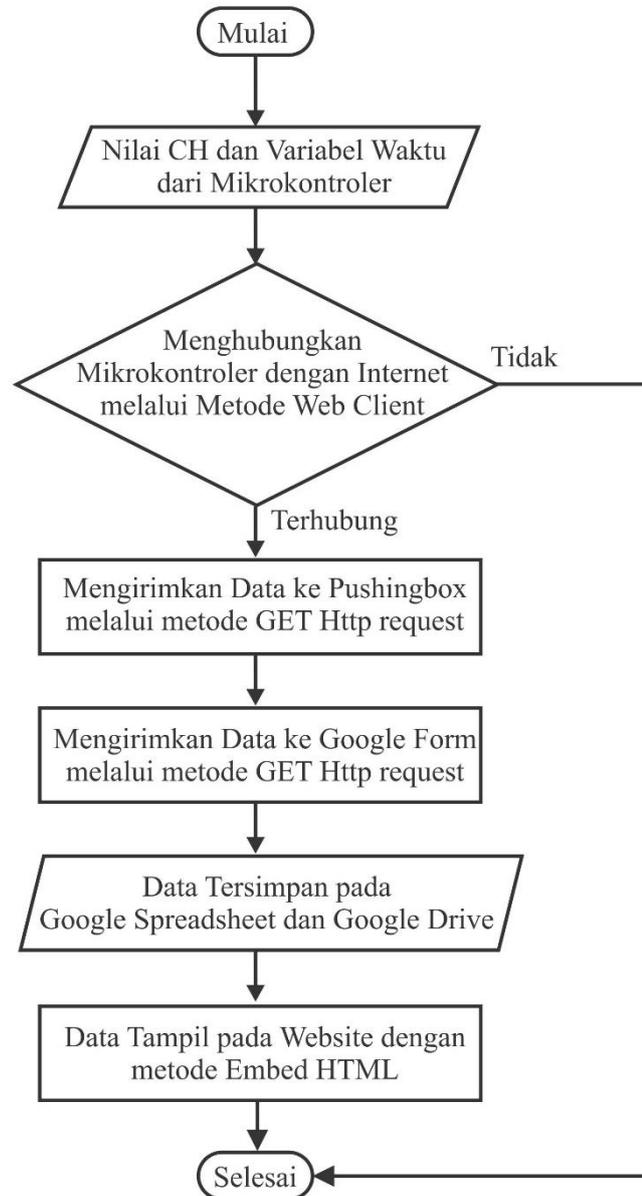
3.6.3. Sistem Transmisi Data

Pada proses pengolahan data yang diterima oleh mikrokontroler, tahapan selanjutnya data akan ditampilkan pada LCD (*Liquid Crystal Display*) sebagai output dan data akan dikirimkan menggunakan *Arduino Ethernet Shield* yang terhubung *Router TP-Link* serta Modem 3.75G yang terpasang *simcard* GSM.

Pada penelitian ini data dikirimkan menuju *Google Spreadsheet* melalui *Google Form* dengan menggunakan metode GET *http request*. Data yang terekapitulasi di *Google Spreadsheet* akan disimpan pada *Google Drive* dalam bentuk format *.xls*.

File *Google Spreadsheet* akan ditampilkan di *website* dengan menggunakan metode *embedd*. *User* (pengguna) dapat menggunakan *gadget smartphone* atau perangkat komputer yang terhubung dengan internet, dengan cara memasukan alamat *website* tersebut pada *address bar* perangkat lunak *browser* yang tersedia pada perangkat tersebut. Data yang ditampilkan berupa nilai (*value*) dalam bentuk

tabel dan grafik (*chart*). Diagram alir sistem transmisi data dapat dilihat pada Gambar 8.



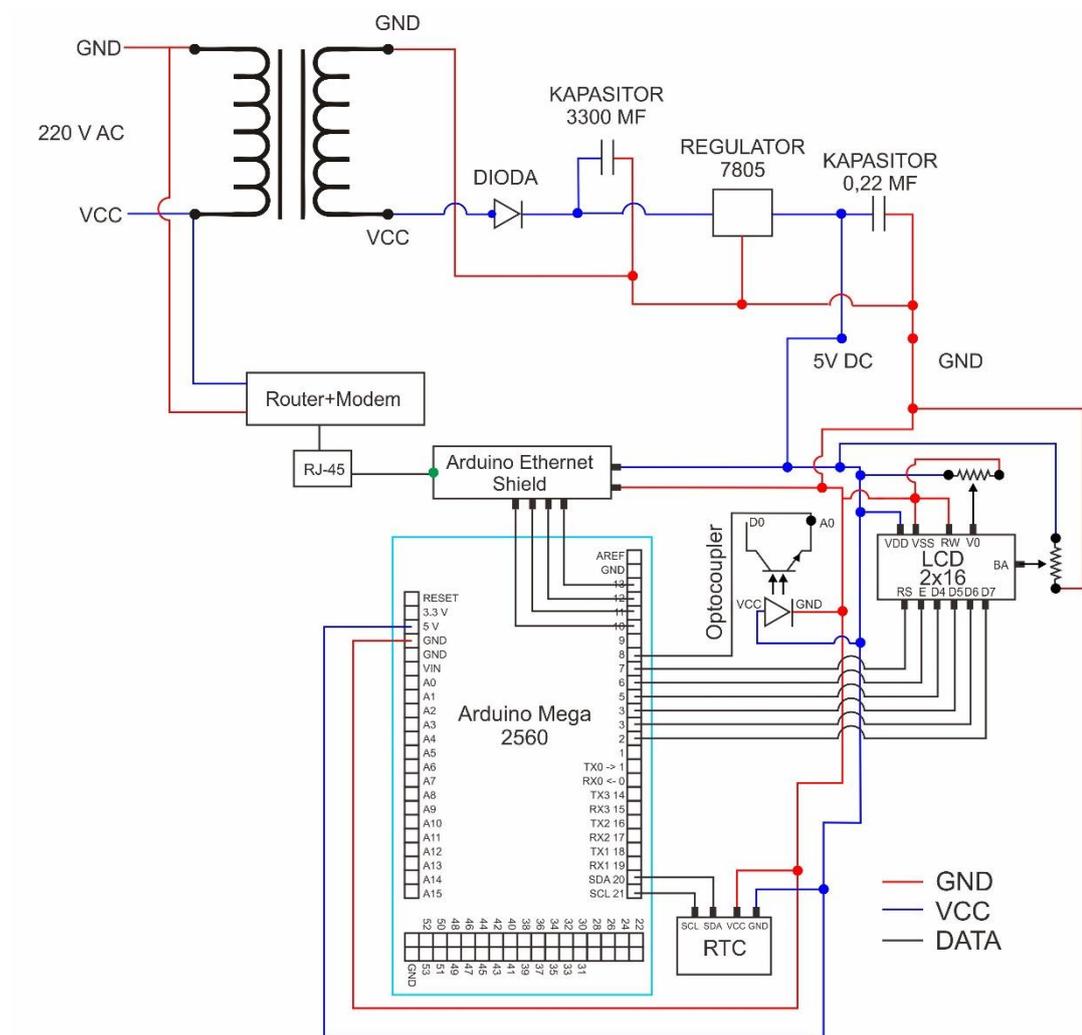
Gambar 8. Diagram alir sistem transmisi data

Rancangan perangkat keras penerima, pengolah dan sistem transmisi data akan saling terhubung pada *mainboard* yang akan diletakkan pada *box* berbahan *acrylic* dengan dimensi P x L x T sebesar 25 cm x 20 cm x 10 cm. *Box* tersebut akan dimasukkan pada *box panel* yang kemudian diletakkan pada tiang struktur alat

pengukur curah hujan. Penggunaan *box panel* dilakukan agar memungkinkan perangkat elektronika pada *main board* tidak terkena air ketika hujan.

3.7. Desain Fungsional

Desain fungsional merupakan tahapan perancangan alat yang menjelaskan fungsi dari setiap komponen yang dirancang pada alat.



Gambar 9. Rangkaian komponen elektronika pada mikrokontroler

Dalam penelitian ini dirancang sebuah alat pengukur curah hujan otomatis tipe *tipping bucket* yang berfungsi untuk merekam secara akurat, menyimpan dengan

aman dan menampilkan data curah hujan melalui *website* secara *real time*. Alat ini memiliki beberapa komponen elektronika yang memiliki fungsi masing-masing, yaitu *optocoupler* sebagai sensor, mikrokontroler ATmega2560, *Real Time Clock* (RTC), *Liquid Crystal Display* (LCD), SD Card, *Arduino Ethernet Shield*, *TP-Link router*, dan modem GSM 3.75G. Skema rancangan perangkat elektronika dapat dilihat pada Gambar 9.

3.7.1. Optocoupler

Optocoupler pada perancangan alat ini berfungsi sebagai sensor, yang bekerja berdasarkan gerakan *tipping* yang terjadi pada *bucket*. Ketika *bucket* salah satu sisi penuh, maka *bucket* akan bergerak ke arah sisi tersebut untuk membuang air yang tertampung, dan pada saat gerakan tersebut pias yang ikut bergerak juga akan memicu *optocoupler* untuk bekerja. Data yang direkam oleh *optocoupler* juga akan diteruskan ke mikrokontroler.

3.7.2. Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Mikrokontroler merupakan otak dari alat ini, berfungsi untuk menerima sinyal data yang dikirimkan oleh *optocoupler*. Data yang diterima akan diolah dan kemudian data disimpan serta ditampilkan pada bagian *output*. Pemrograman pada mikrokontroler bekerja dengan mengubah nilai yang terbaca pada sensor dalam bentuk *analog* menjadi bentuk *digital*.

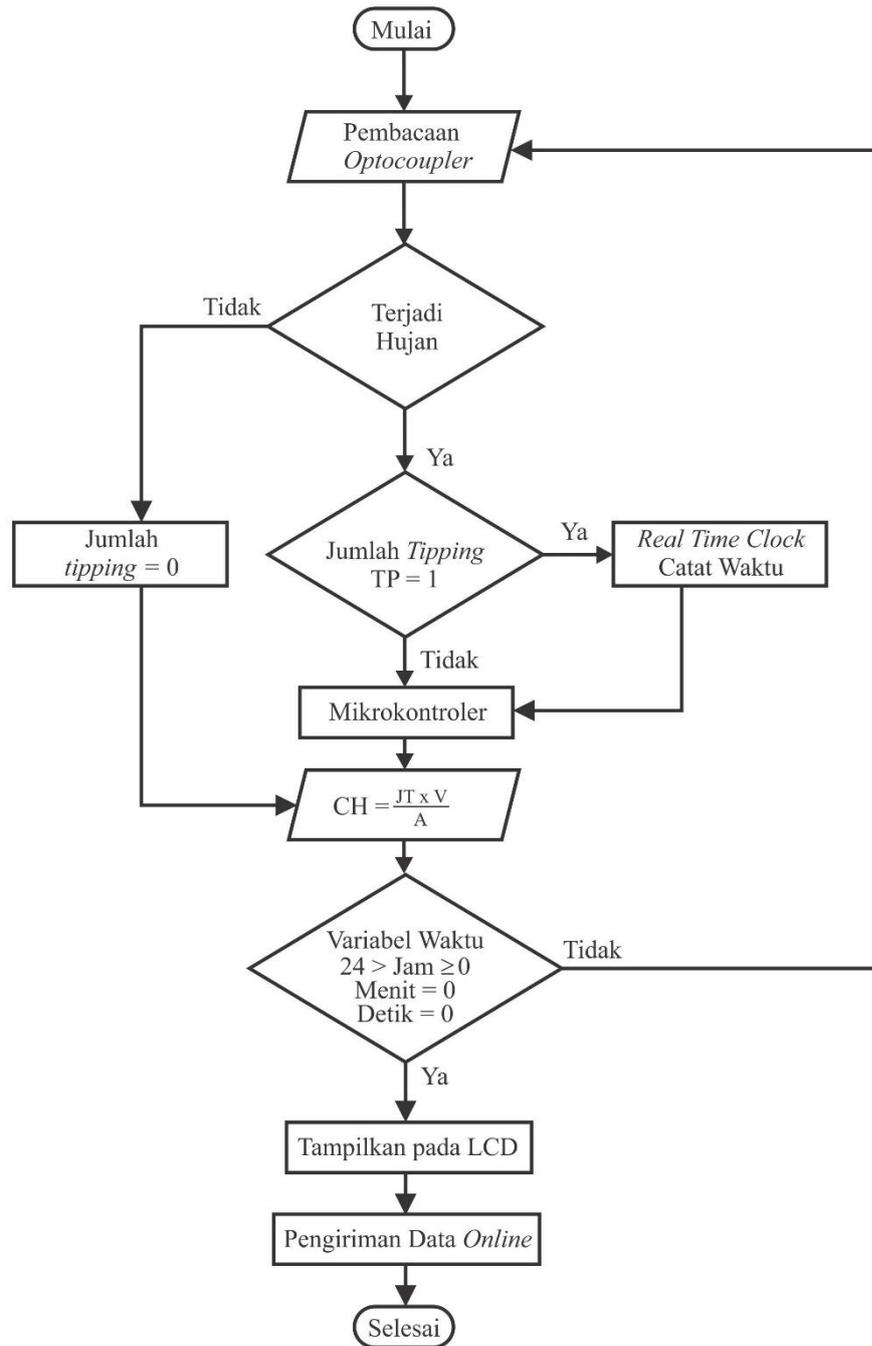
Data diolah dan dikendalikan oleh semua sistem yang terdapat pada mikrokontroler. Pengaturan mekanisme kerja mikrokontroler diatur dengan cara menulis program menggunakan perangkat lunak (*software*). Untuk perangkat

lunak yang digunakan pada mikrokontroler untuk ini menggunakan Arduino versi 1.16.12. Jendela program Arduino versi 1.16.12. yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Jendela perangkat lunak Arduino versi 1.16.10

Program yang ditulis pada perangkat lunak Arduino, berdasarkan logika perintah yang dibutuhkan sesuai kriteria desain yang telah ditentukan. Gambar 11 menunjukkan alur pemrograman yang dibuat pada penelitian ini. Alur pemrograman tersebut meliputi perintah pengambilan nilai *optocoupler*, proses data pada mikrokontroler, pengambilan informasi waktu, penyimpanan data dan transmisi data.



Gambar 11. Diagram alir pemrograman

3.7.3. Real Time Clock dan Data Logger

Real Time Clock (RTC) berfungsi sebagai pemberi informasi waktu dari setiap data yang telah diolah mikrokontroler. Pada alat ini informasi waktu yang

dibutuhkan yaitu data waktu mulai hujan dan data waktu ketika hujan berhenti. Sedangkan *data logger* berfungsi sebagai penyimpan data cadangan. *Data logger* yang digunakan yaitu *micro SD*. Setiap data yang dikirimkan mikrokontroler menuju *website* akan dikirim juga menuju *micro SD*, sehingga ketika koneksi pada internet mengalami gangguan, data tetap tersimpan di *micro SD*.

3.7.4. Liquid Crystal Display (LCD)

LCD pada alat ini berfungsi sebagai penampil data curah hujan terakhir yang tercatat. Data yang ditampilkan akan diperbarui setiap data baru terekam, dalam hal ini pada setiap satu jam sekali.

3.7.5. Arduino Ethernet Shield

Komponen ini berfungsi sebagai penghubung mikrokontroler dengan perangkat koneksi internet, yaitu *router* dan *modem*. Selain itu perangkat ini juga yang mengirimkan data menuju internet dengan bantuan *router* dan *modem*. *Router* akan dihubungkan langsung ke mikrokontroler menggunakan kabel RJ-45 sedangkan modem dihubungkan melalui *port* USB yang tersedia pada *router*.

3.7.6. Router

Pada umumnya *router* berfungsi untuk penguat sinyal jaringan nirkabel, namun pada alat ini *router* berfungsi sebagai *bridge* (jembatan) antara mikrokontroler dengan koneksi internet yang dihasilkan oleh modem.

3.7.7. Modem GSM

Pada alat ini modem berfungsi sebagai penyedia jaringan internet. Modem yang digunakan menggunakan koneksi *Global System for Mobile Communications* (GSM) 3.5G-3.75G.

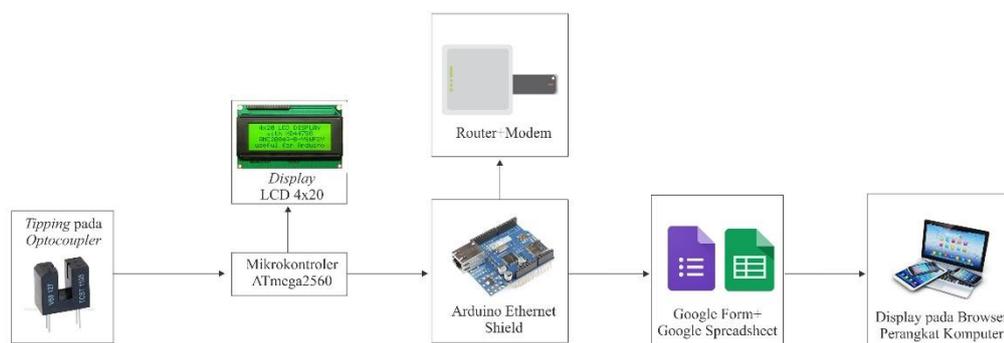
3.8. Mekanisme Kerja Alat

Mekanisme alat pengukur curah hujan *tipe tipping bucket* otomatis ini yaitu, ketika hujan turun, air akan masuk pada corong yang berada pada bagian atas alat. Selanjutnya air akan turun melalui corong menuju *bucket* (penampung) yang prinsip kerjanya seperti timbangan. Ketika air penuh pada salah satu sisi *bucket*, maka timbangan akan berat sebelah yang mengakibatkan *bucket* bergerak ke salah satu sisi yang dipenuhi air. Setiap gerakan yang terjadi pada *bucket* tersebut akan tercatat oleh *optocoupler*. Pencatatan dilakukan ketika pias yang ikut tergerak karena *bucket* mengakibatkan antara *phototransistor* dan LED pada *optocoupler* terhalang, ketika kedua komponen tersebut terhalang maka saat itu *optocoupler switch on*.

Pada alat ini seperti yang dijelaskan di atas diketahui bahwa *optocoupler* berfungsi merekam curah hujan ketika *bucket* penuh dan terjadi *tipping*, sedangkan ketika *bucket* tidak penuh dan hujan telah berhenti maka data curah hujan akan terekam di hujan selanjutnya.

Data yang telah diperoleh dari *optocoupler* akan dikalkulasikan dan dikalibrasi oleh mikrokontroler ATmega2560 sesuai dengan rancangan pemrograman yang telah ditentukan. Selain berfungsi sebagai pengolah data, mikrokontroler akan

memroses data yang telah diolah untuk ditampilkan di LCD dan dikirimkan ke Google Spreadsheet. Pengiriman data menuju *database*, dalam hal ini Google Spreadsheet, mikrokontroler akan disambungkan pada Arduino Ethernet Shield, TP-Link Router dan Modem 3.75G. Skema mekanisme kerja alat pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Skema mekanisme kerja alat

3.9. Analisis Data

Berdasarkan rancangan alat yang dibuat dalam penelitian ini, data yang akan ditampilkan berupa nilai dalam bentuk tabel (*value*) dan grafik (*chart*). data dikirimkan dalam jangka waktu satu jam sekali, jika dalam rentang waktu satu jam tidak terjadi hujan maka alat akan mengirimkan nilai nol.

3.9.1. Perhitungan Curah Hujan

Data yang diperoleh dari penelitian ini yaitu berupa data curah hujan dalam satuan millimeter (mm), nilai tersebut dapat dihitung melalui persamaan (1) berikut :

$$CH = \frac{JT \times V}{A} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

CH = Curah Hujan (mm)

JT = Jumlah *Tipping* (kanan+kiri)

V = Volume per *Tipping* (mm³)

A = Luas Penampang Mulut Corong (mm²)

Perolehan nilai CH pada alat ini sangat bergantung pada nilai JT, selain nilai JT ,nilai lainnya akan menjadi nilai konstanta yang tidak berubah. Nilai JT, diperoleh dari jumlah *tipping* yang akan dihitung secara otomatis oleh *optocoupler*, yang kemudian akan diproses melalui mikrokontroler sebelum selanjutnya data tersebut ditransmisi.

3.9.2. Konversi Nilai *Optocoupler*

Proses pengambilan nilai curah hujan pada alat ini yaitu dengan memanfaatkan *Optocoupler* sebagai sensor gerakan pada saat terjadi *tipping*. Setiap kali *bucket* terisi air kemudian penuh dan terjadi *tipping*, maka *optocoupler* akan mencatat *tipping* tersebut dengan angka 1. Angka tersebut akan mewakili volume air pada *bucket* yang mengalami *tipping*. Banyaknya *tipping* dalam jangka waktu tertentu akan dihitung menggunakan mikrokontroler melalui persamaan (1) yang kemudian akan menjadi data curah hujan (mm) pada jangka waktu tersebut.

3.9.3. Kalibrasi Rancangan

Pada penelitian ini, alat yang telah dibuat akan dikalibrasi dengan cara membandingkan nilai luaran yang ditampilkan pada LCD maupun alamat *website*

dengan alat ukur standar. Kalibrasi data pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan. Pada tahap kalibrasi data yang pertama dilakukan untuk menentukan dan menguji nilai konstanta *bucket*. Nilai konstanta yang didapat akan menentukan nilai yang dibaca *optocoupler*. Penentuan nilai konstanta *bucket* dilakukan dengan cara membuat simulasi hujan menggunakan *sprayer*, setiap air yang tertampung pada *bucket* sisi kiri dan kanan dihitung volume airnya menggunakan gelas ukur.

Tahapan kalibrasi yang kedua dilakukan dengan cara membuat hujan buatan menggunakan *sprayer*. Air hujan buatan akan dikontrol volumenya dan alat akan diletakkan di bawah tempat *sprayer* beroperasi. Volume air yang terukur oleh alat dengan jumlah *tipping* tertentu akan dibandingkan dengan volume dari *sprayer* yang terkontrol. Selisih yang didapat dari perbandingan nilai antara data yang terukur alat dengan data yang terkontrol akan menjadi nilai *error* dan faktor koreksi pada alat.

Nilai *error* yang dicari pada tahapan kalibrasi data meliputi *error* dalam persen, *error* relatif, *error* mutlak dan *root mean squared error* (RMSE). Nilai *error* dalam persen dapat dihitung menggunakan persamaan (2) dan nilai RMSE dapat dihitung menggunakan persamaan (5). Sedangkan *error* mutlak dapat dihitung menggunakan persamaan (3) dan *error* relatif dihitung menggunakan persamaan (4).

$$\text{Error} = 100\% - \left(\frac{\text{Tinggi Air Terukur (mm)}}{\text{Tinggi Air Masuk (mm)}} \times 100\% \right) \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Error Mutlak} = \text{Tinggi Air Masuk} - \text{Tinggi Air Terukur (mm)} \dots\dots\dots (3)$$

Error Relatif = Tinggi Air Masuk x Error Mutlak (4)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_2)^2} \quad (\text{Chai dan Draxler, 2014}) \dots\dots\dots (5)$$

Selain penentuan nilai *error*, tahap kalibrasi data dilakukan juga untuk menentukan nilai regresi hubungan pengukuran alat dengan kalibrator.

Persamaan regresi yang didapat menjadi nilai koreksi yang akan dimasukkan pada program di mikrokontroler.

3.9.4. Validasi Rancangan

Validasi rancangan pada penelitian ini dilakukan untuk mengoreksi hasil dari tahapan kalibrasi. Validasi rancangan dilakukan dengan cara yang sama pada tahap kalibrasi, namun dengan perlakuan yang berbeda, yaitu menggunakan simulasi hujan dengan volume air yang terkontrol. Perbandingan antara nilai yang terbaca pada alat dengan nilai yang terukur pada kalibrator akan menentukan nilai *error* dan nilai koreksi pada alat melalui persamaan regresi antara keduanya.

3.10. Uji Kinerja

Pengujian kinerja dalam penelitian ini dilakukan secara keseluruhan ketika tahap pembuatan alat telah selesai. Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan alat di lahan yang lapang dan tidak bertajuk. Uji kinerja meliputi keberhasilan alat dalam hal pemenuhan kriteria desain, pada bagian sistem akuisisi data dan bagian transmisi data.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat ukur curah hujan otomatis telah bekerja dengan baik dan sistem transmisi data secara online telah terapkan sesuai dengan kriteria desain yang telah ditentukan.
2. Hasil pengujian rancangan alat yang meliputi penentuan nilai konstanta *bucket* dan pengujian nilai konstanta *bucket* didapat sebagai berikut:
 - a. Dari hasil penentuan konstanta *bucket*, didapat yaitu sebesar 0,44 mm. Angka tersebut menunjukkan, jika terjadi *tipping* satu kali maka curah hujan yang terukur yaitu 0,44 mm.
 - b. Dari hasil pengujian konstanta *bucket* yang dilakukan dengan menggunakan hujan buatan pada volume seragam didapat *error* dalam persen sebesar 1,19%, *error* relatif sebesar 0,012 mm, *error* mutlak sebesar 0,556 mm dan *root mean squared error* (RMSE) sebesar 0,6312 mm.
 - c. Sedangkan dari hasil pengujian konstanta *bucket* yang dilakukan dengan menggunakan hujan buatan pada volume bervariasi didapatkan

nilai koreksi berupa persamaan regresi $1,0099x + 0,0715$ dengan nilai $R^2 = 0,999$.

3. Dari hasil kalibrasi rancangan alat yang dilakukan didapatkan nilai koreksi alat berupa persamaan regresi $1,559x - 0,1261$ dengan nilai $R^2 = 0,999$.
4. Dari hasil validasi rancangan alat yang dilakukan didapatkan nilai $R^2 = 0,999$ yang menandakan bahwa *error* pada pengujian model kalibrasi bernilai sedikit karena R^2 mendekati nilai 1.
5. Transmisi data telah berjalan dengan baik, yaitu menggunakan metode *web client* dan koneksi DCHP. Berdasarkan pengujian transmisi menggunakan dua jenis *provider*, didapat yang terbaik yaitu menggunakan *provider* merk Telkomsel, karena semua data terkirim dari 20 kali pengiriman. Intensitas curah hujan dapat dilihat pada grafik ketika durasi curah hujan lebih dari satu jam.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Perlu adanya pengembangan aplikasi IoT di alat lain, khususnya di bidang teknologi pertanian.
2. Perlunya otomatisasi perangkat mekanik pada alat pengukur curah hujan, yaitu dengan menggunakan sensor berat air, sensor tinggi air, atau sensor lain, yang tidak menggunakan konstanta dalam proses pengambilan datanya.

3. Penggunaan *relay*/aktuator pada modem sangat direkomendasikan untuk mengurangi potensi kerusakan pada modem dan *router* yang dinyalakan secara terus-menerus.
4. Penggunaan UPS (*uninterruptible power supply*) sebagai *backup input* daya pada alat ketika listrik padam.
5. Perlu adanya pengembangan IoT menggunakan *domain* dan *hosting*, agar UI dapat dibuat lebih menarik, dan dapat mengaplikasikan komunikasi dua arah.
6. Pengembangan transmisi data nirkabel berbasis web via android perlu dilakukan, mengingat aplikasi android di bidang pertanian masih jarang dikembangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, S. 2009. Penakar Curah Hujan Otomatis dengan Data Logger SD/MMC Berbasis SMS (*Short Message Service*). *Makalah Tugas Akhir*. Teknik Elektro, Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro: Semarang.
- Alaydrus, M. 2009. *Saluran Transmisi Telekomunikasi*. Graha Ilmu: Yogyakarta.
- Aldrian, E.B., dan M. Karmini. 2011. *Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia*. Pusat Perubahan Iklim dan Kualitas Udara Kedepan Bidang Klimatologi, Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika : Jakarta.
- Andrianto, H. dan Darmawan, A. 2016. *Arduino : Belajar Cepat dan Pemrograman* . Penerbit Informatika : Bandung.
- Anonim₁. *Tipping Bucket Rain Gauge: The Most Common Type Of Automated Rain Sensor* [online]. Tersedia : <https://www.weathershack.com/static/ed-tipping-bucket-rain-gauge.html> [22 Mei 2016].
- Anonim₂, 1994. *Instruction Manual Tipping Bucket Raingauge Model TB3*. Hydrological Service PTY LTD: Liverpool, Australia.
- Anonim₃. 2015. *Data Sheets DS1307 64 x 8, Serial, I²C Real-Time Clock*. Maxim Integrated Product : California.
- Anonim₄. 2013. *An Introduction to the Internet of Things (IoT)*. Lopez Research LLC: San Fransisco.
- Arie. 2016. *Pengertian Internet of Things dan Implementasi IoT* [online]. Tersedia : <https://www.tembolok.id/pengertian-internet-of-things-implementasi-dan-contoh-perangkat-iot/> [14 April 2017].
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2017. *Stasiun Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika BMKG*. [online]. Tersedia : <http://www.bmkg.go.id/profil/?p=stasiun-mkg> [8 Mei 2017]

- Candra, H. 2015. Rancang Bangun dan Uji Kinerja Sistem Kontrol Otomatis pada Irigasi Tetes Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. Vol. 4 No. 4: 235-244.
- Chai, T. dan R.R. Draxler. 2014. Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? – Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geosci. Model Dev.*, 7, 1247–1250, 2014.
- Dwiratna, N.P.S. 2013. Analisis Curah Hujan dan Aplikasinya dalam Penetapan Jadwal dan Pola Tanam Pertanian Lahan Kering di Kabupaten Bandung. *Bionatura Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati dan Fisik*. Vol. 15, No. 1:29-34.
- Evita, M., H.Mahfudz, Suprijadi, M.Djamal dan Khairurrijal. 2010. Alat Ukur Curah Hujan Tipping-Bucket Sederhana dan Murah Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Otomatis Kontrol dan Instrumen*. Vol 2 (2), 2010.
- Indayanti, D. 2009. Perbandingan Hasil Penentuan Curah Hujan Bulanan Menurut Teori Mohr dan Oldeman dengan Pendekatan Sistem Informasi Geografis. *Skripsi*. Sistem Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah: Jakarta.
- Khamdi, N. 2014. Aplikasi Optocoupler dalam Sistem Pengaturan Kecepatan Sepeda Listrik. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*. Vol.2 No. 1, April 2014, 68-74.
- Khusnawati, A. A. 2015. Evaluasi Dan Perencanaan Kerapatan Jaringan Pos Hujan Dengan Metode Kriging Dan Analisa Bobot (*Score*) Di Wilayah Sungai Palu-Lariang Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Ilmiah*. Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya: Malang
- Kurniadi, M. 2015. *Apa itu Internet of Things*. [online]. Tersedia: <http://iot.co.id/apa-itu-internet-of-things/> [25 Maret 2017].
- Mori, K., S. Sosrodarsono, dan K. Takeda. 1999. *Hidrologi untuk Pengairan*. PT. Pradnya Paratama : Jakarta.
- Novianta, M.A. 2011. Sistem Data Logger Curah Hujan dengan Model Tipping Bucket Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Teknologi*. Vol.4 No. 2:160-166.
- Permana, G.R. 2015. Perancangan dan Pengujian Penakar Hujan Tipe Tipping Bucket dengan Sensor Photo – Interuppter berbasis Arduino. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*. Vol. 04 Nomor 03 Tahun 2015:71-76.

- Savitri, D.M.D. 2015. *Alat Pengukur Curah Hujan*. [online]. Tersedia: <http://documents.tips/documents/alat-pengukur-curah-hujan-562f9a07388f0.html> [22 Mei 2016].
- Setiawan, R. 2006. *Mikrokontroler MCS-51*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Setiawan, A. 2016. Perancangan Content-Aware Smart Home dengan Menggunakan Internet of Things. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi 2016 (SENTIKA 2016)*. Yogyakarta: 18-19 Maret 2016.
- Sofyan. 2016. Manipulasi Suhu pada Pengeringan Ikan Teri Tenaga Surya Menggunakan Mikrokontroler ATmega 2560. *Skripsi*. Teknik Elektro, Fakultas Teknik. Universitas Lampung.
- Subito, M. dan Rizal. 2012. Alat Pengukur Pemakaian Energi Listrik Menggunakan Sensor Optocoupler dan Mikrokontroler AT89S52. *Jurnal Ilmiah Foristek*. Vol.2 No. 2.
- Susilo, D. 2010. *48 Jam Kupas Tuntas Mikrokontroler MAS51 & AVR*. Andi Publisher: Yogyakarta.
- Susilowati. 2010. Analisa Karakteristik Curah Hujan dan Kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF) di Propinsi Lampung. *Jurnal Rekayasa Vol. 14 No.1, April 2010*.
- Wirjohamidjojo, S. dan S.Y. Swarinoto. 2007. *Praktek Meteorologi Pertanian*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika: Jakarta.