# RANCANG BANGUN PROTOTIPE STASIUN KLIMATOLOGI TERINTEGRASI DENGAN *INTERNET OF THINGS* (IoT)

**(Skripsi)**

**Oleh**

**RITA ANGGRAINI**

**FAKULTAS PERTANIAN**
**UNIVERSITAS LAMPUNG**
**BANDAR LAMPUNG**
**2019**

# ABSTRAK

## RANCANG BANGUN PROTOTIPE STASIUN KLIMATOLOGI TERINTEGRASI DENGAN INTERNET OF THINGS (IoT)

**Oleh**

**RITA ANGGRAINI**

Klimatologi sebagai ilmu yang mempelajari iklim di bumi terus dikembangkan karena pentingnya pengetahuan dan prediksi iklim diberbagai aspek kehidupan. Informasi klimatologi memiliki banyak fungsi dalam hal kesehatan manusia, antisipasi bencana, hingga perencanaan untuk kegiatan pertanian. Diperlukan pengembangan sistem yang mampu melakukan pengukuran cuaca secara realtime, presisi dan dapat diakses masyarakat melalui perangkat android. Informasi yang terukur secara realtime ini diharapkan dapat mengantisipasi masyarakat dan mengurangi korban dalam bencana alam. Sistem ini dapat dibangun menggunakan mikrokontroler dan internet of things (IoT) didalammnya dengan penggunaan sensor. Merancang prototipe stasiun klimatologi menggunakan mikrokontroler ATMEGA2560 pada sistem otomatisasi dan pengaplikasian internet of things (IoT) pada sistem transmisi data.

Penelitian ini dilaksanakan pada Mei sampai dengan November 2019. Perancangan prototipe stasiun dilakukan di Laboratorium Daya, Alat dan Mesin

Pertanian (DAMP) dan pengujian dilakukan di stasiun klimatologi laboratorium lapang terpadu (LTPD), Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pelaksanaan penelitian ini dimulai dengan membuat konsep rancangan prototipe, kalibrasi dan validasi sensor, desain struktural, desain fungsional, pengujian sistem kerja dan pengujian sistem transmisi data. Desain struktural adalah tahap perancangan alat secara keseluruhan dan desain fungsional adalah penjelasan tentang fungsi dari setiap komponen yang digunakan pada perancangan prototipe. Setelah melalui tahap desain. Tahap akhir yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu pengujian prototipe secara keseluruhan.

Pada penelitian ini dihasilkan perangkat prototipe stasiun klimatologi terintegrasi dengan Internet of Things (IOT). Perangkat dapat bekerja dengan baik dan telah memenuhi kriteria desain yaitu dapat mengirim data menuju internet secara stabil. Persentase data yang terkirim menuju internet dengan data yang tersimpan pada SD card sebesar 91,82 %. Data cuaca yang terbaca stasiun terkirim secara realtime setiap 20 menit dan dapat dilihat di website stasiunklimatologiunilafp.weebly.com. Sistem transmisi data pada stasiun klimatologi IoT ini telah berjalan dengan baik, dengan menggunaakan metode web client dan koneksi DCHP. Penggunaan *Application Programing Interface* (API) yang berperan sebagai penghubung Arduino dengan Google Form. Pada penampil data stasiun pada website menggunakan metode embed. Besarnya penggunaan kuota pada tiap pengiriman data stasiun menuju internet sebesar 1,5 MB setiap satu kali pengiriman.

Kata kunci : Cuaca, Internet of Things, Mikrokontroler, Stasiun klimatologi.

# ABSTRACT

## DESIGN OF INTEGRATED CLIMATOLOGY PROTOTYPE STATIONS WITH INTERNET OF THINGS (IoT)

**By**

**RITA ANGGRAINI**

Climatology as a science of climate on earth continues to be developed because of the importance of climate knowledge and predictions in various aspects of life. Climatology information has many functions in terms of human health, disaster anticipation, and planning for agricultural activities. Required the development of a system that is able to carry out weather measurements in realtime, precision and can be accessed by the public through the Android device. Realtime measured information is expected to anticipate the community and reduce casualties in natural disasters. This system can be built using a microcontroller and the internet of things (IoT) therein by using sensors. Designing prototype climatology stations using the ATMEGA2560 microcontroller on the automation system and the application of the internet of things (IoT) to the data transmission system.

The research was carried out in May to November 2019. The design of the station prototype was carried out at the Agricultural Power, Equipment and Machinery

Laboratory (DAMP) and the testing was carried out at the integrated field laboratory climatology station (LTPD), Faculty of Agriculture, University of Lampung. The implementation of this research began with conceptualizing prototype design, sensor calibration and validation, structural design, functional design, work system testing and data transmission system testing. Structural design is the overall tool design stage and functional design is an explanation of the function of each component used in prototype design. After going through the design stage. The final stage is carried out in this study namely testing the overall prototype.

In this research, a climatology station prototype device was integrated with the Internet of Things (IOT). The device can work well and has met the design criteria that can send data to the internet stably. The percentage of data sent to the internet with data stored on SD cards is 91.82 %. Weather data that is read by the station is sent in realtime every 20 minutes and can be viewed on the website of the stationklimatologiunilafp.weebly.com. The data transmission system at the IoT climatology station has been running well, using the web client method and DCHP connection. Use of Application Programing Interface (API) which acts as a liaison for Arduino with Google Form. In the station data viewer on the website using the embed method. The amount of quota usage for each station data transmission to the internet is 1.5 MB per one time transmission.

Keywords: Climatology Station, Internet of Things, Microcontroller, Weather.

# RANCANG BANGUN PROTOTIPE STASIUN KLIMATOLOGI TERINTEGRASI DENGAN *INTERNET OF THINGS (IoT)*

**Oleh**
**Rita Anggraini**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar**
**SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Pertanian**
**Fakultas Pertanian Universitas Lampung**

**FAKULTAS PERTANIAN**
**UNIVERSITAS LAMPUNG**
**BANDARLAMPUNG**
**2019**

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN PROTOTIPE STASIUN KLIMATOLOGI TERINTEGRASI DENGAN *INTERNET OF THINGS (IoT)***

Nama Mahasiswa : ***Rita Anggraini***

Nomor Pokok Mahasiswa : 1514071048

Jurusan/Program Studi : Teknik Pertanian

Fakultas : Pertanian

**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

| | |
|---|---|
| **Ir. Budianto Lanya, M.T.** | **Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc.** |
| NIP. 19580523 198603 1 002 | NIP. 19880325 201504 1 001 |

2. Ketua Jurusan/Program Studi

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

**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

Ketua : **Ir. Budianto Lanya, M.T.** .....

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

Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc.** .....

2. Dekan Fakultas Pertanian

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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **20 Desember 2019**

## PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya **Rita Anggraini** dengan NPM **1514071048**, dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) Ir. Budianto Lanya, M.T. 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 (buku, jurnal, 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 dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung,
Yang membuat pernyataan

METERAI TEMPEL
2EE28AHF225728728
6000
ENAM RIBU RUPIAH

**Rita Anggraini**
NPM. 1514071048

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kotabumi pada tanggal 13 Agustus 1997 dari pasangan Bapak Rusli dan Ibu Rumaniah. Penulis adalah anak kelima dari enam bersaudara. Penulis menempuh pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 5 Mulang-Maya pada tahun 2004–2009, Sekolah Menengah Pertama Negeri 3 Kotabumi tahun 2009-2012, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 4 Kotabumi tahun 2012–2015. Penulis diterima sebagai mahasiswi di Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada tahun 2015 melalui jalur SBMPTN dan memperoleh beasiswa Bidik Misi.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten mata kuliah Fisika Dasar dan Robotika Pertanian. Penulis aktif di organisasi kemahasiswaan pada Unit Kegiatan Mahasiswa tingkat Universitas (UKM) Penelitian Sebagai Bendahara Departemen Informasi dan Komunikasi (INFOKOM) pada tahun 2017 dan menjabat sebagai Bendahara Umum pada tahun 2019.

Prestasi yang pernah diraih oleh penulis selama menjadi mahasiswa diantaranya : menjadi ketua dalam Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) kelas PKM-Teknologi dan Program Hibah Bina Desa (PHBD) yang didanai oleh Kementrian

Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi (KEMENRISTEK DIKTI) pada tahun 2019, Menjadi finalis dalam Lomba *Student Design Competition Agricultural Enginering for Sustainable Agriculture Production* (AESAP) di Institut Pertanian Bogor (IPB) tahun 2017, menjadi finalis dalam Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional (PIMNAS) oleh KEMENRISTEK DIKTI di Universitas Negeri Yogyakarta tahun 2018, Mendapat Juara 1 dalam Lomba Karya Tulis Ilmiah Nasional (LKTIN) di Universitas Bangka Belitung tahun 2018, sebagai *TOP* 10 dalam *Asian Business Plan Competition* dalam *Global Entrepreneurship Youth Summit* di Malaysia tahun 2019 dan menjadi terbaik pertama dalam kompetisi *Panda Innovation Challenge* oleh WWF Indonesia tahun 2019 dan lain lain.

Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata Kebangsaan pada Juli-Agustus tahun 2018 selama 30 hari di Desa Negara Batin, Kecamatan Jabung, Kabupaten Lampung Timur

***Kupersembahkan karya ini untuk***
***keluargaku tersayang :***

***Abiku Rusli***
***Mamakku Rumaniah***

***Saudara-saudaraku***
***abang, uni, susi, ote dan adek.***

***Serta almamater tercinta***
***Teknik Pertanian Universitas Lampung.***

## SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir perkuliahan dalam penyusunan skripsi ini.

Skripsi ini dengan judul "Rancang Bangun Prototipe Staiun Klimatologi Terintegrasi dengan Internet of Things (IoT)". adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) di Universitas Lampung.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, doa, semangat, bimbingan, motivasi, dan dukungan berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Maka pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. sebagai Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Dr.Ir. Agus Haryanto, M.P. sebagai Ketua Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung
3. Bapak Ir. Budianto Lanya selaku Pembimbing Pertama yang telah memberikan masukan, bimbingan dan saran.
4. Bapak Dr. Mareli Telaumbanua, S.TP., M.Sc. sebagai Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, saran, motivasi.

5. Bapak Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc sebagai pembahas yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyusunan skripsi ini.
6. Dr.Ir. Agus Haryanto, M.P., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian.
7. Keluargaku ii, mamak, abang, sanjungan, uni, paduka, susi, kak ajo, ote, adek yang selalu memberikan doa dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Seluruh Keluarga Teknik Pertanian 2015 dan civitas akademika Jurusan Teknik Pertanian.
9. Nur Rahma Safitri, Widiyana SM, Hamimatu Z, Rizki Firmansyah, Galuh Putri dan Indah Sekar teman-teman yang selalu menolong, menghibur, memotivasi dan mencari solusi dalam penulisan skripsi ini.
10. Esa Krisman Baene, Wahyu Wiratama, Andika Apriyanto, Riski Pratama dan Fajar Hadi P. Atas segala *support* dalam penelitian dan penulisan skripsi ini.
11. Anggelia Fitri, Nurul Baruni, Risca Faramidtha sebagai sahabat yang selalu menjadi yang pertama dalam mendengarkan, membantu, memotivasi dan memberi dukungan dalam penulisan skripsi ini.
12. Febi Mudiyanto yang telah membantu, mencari solusi dan mendampingi dalam menyelesaikan skripsi ini.
13. Teman-teman kompetisiku Desi Ps, Bela Ayu P, Yola Rahmawati, Brian Arnesto S, Ferdi Indra, Agung Yoga P, Ezra zeilika, Alumnus PIMNAS 2018 UNILA yang telah menolong, mengerti dan mengajarkan banyak hal .
14. Seluruh keluarga besar UKM-Penelitian Universitas Lampung terutama Presidium 2018 Yoga Aji Sukma, Sinta Alfianti, Aulia Yulanda atas ilmunya yang sangat bermanfaat dan menjadi rumah terbaik selama kuliah.

Semoga penyelesaian skripsi ini dapat bermanfaat dan semoga seluruh amal baik

yang telah diberikan oleh semua pihak kepada penulis mendapatkan balasan pahala dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Sangat diharapkan kritik dan saran yang dapat membangun untuk kesempurnaan tulisan-tulisan selanjutnya.

Penulis

**Rita Anggraini**

## DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL ..... viii

DAFTAR GAMBAR ..... ix

I. PENDAHULUAN ..... 1

1.1. Latar Belakang ..... 1

1.2. Rumusan Masalah ..... 4

1.3. Batasan Masalah ..... 5

1.4. Tujuan Penelitian ..... 5

1.5. Manfaat Penelitian ..... 6

II. TINJAUAN PUSTAKA ..... 7

2.1. Cuaca dan Iklim ..... 7

2.2. Hubungan Cuaca dengan Bidang Pertanian ..... 8

2.3. Stasiun Klimatologi ..... 10

2.4. Stasiun Cuaca Pertanian ..... 12
2.4.1. Intensitas Cahaya Matahari ..... 12
2.4.2. Suhu dan Kelembapan Udara ..... 13
2.4.3. Kecepatan Angin ..... 14
2.4.4. Penguapan ..... 15
2.4.5. Hujan ..... 16

2.5. Mikrokontroler ..... 17
2.5.1. Prisip Kerja Mikrokotroler ..... 17
2.5.2. Mikrokontroler ATMega 2560 ..... 19

2.6. Sensor ..... 24
2.6.1. Sensor Suhu dan Kelembapan DHT22 ..... 24
2.6.2. Sensor Intensitas Cahaya GY-30 ..... 25

2.6.3. Sensor Suhu Air DS18B20 ..... 27
2.6.4. Sensor Ultrasonik HC-SR04 ..... 28
2.6.5. Sensor Kelengasan Tanah ..... 29
2.6.6. Sensor *Optocoupler* ..... 30

2.7. Sistem Transmisi Data ..... 32

2.8. Panel Surya ..... 34

III. BAHAN DAN METODE PENELITIAN ..... 40

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian ..... 40

3.2. Alat dan Bahan ..... 40

3.3. Kriteria Desain ..... 41

3.4. Prosedur Penelitian ..... 41

3.5. Perancangan Alat ..... 42

3.6. Desain Fungsional ..... 44
3.6.1. Sensor ..... 44
3.6.2. Mikrokontroler Arduino mega2560 ..... 47
3.6.3. Arduino Ethernet Shield ..... 48
3.6.4. *Real Time Clock* (RTC) ..... 49
3.6.5. *Liquid Crystal Display* (LCD) ..... 49
3.6.6. *Router* dan Modem GSM ..... 50
3.6.7. Panel Surya, Baterai dan *Solar Charger Controller* ..... 50

3.7. Kalibrasi dan Validasi Sensor ..... 51

3.8. Desain Struktural ..... 55
3.8.1. Struktur Prototipe Stasiun Klimatologi ..... 56
3.8.2. Penerima dan Pengolahan Data ..... 56
3.8.3. Sistem Transmisi Data ..... 58

3.9. Penulisan Program ..... 59

3.10. Mekanisme Kerja Alat ..... 62

3.11. Uji Kinerja ..... 63

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN ..... 65

4.1. Hasil Perancangan Prototipe Stasiun Klimatologi ..... 65
4.1.1. Badan Stasiun ..... 66
4.1.2. Sensor Pembaca Cuaca ..... 66
4.1.3. Panel Surya ..... 73
4.1.4. Kotak Panel dan *Mainboard* ..... 73

4.2. Kalibrasi Sensor dan Validasi Sensor ..... 79

4.3. Sistem Transmisi Data ..... 92
4.3.1. Google Form ..... 93
4.3.2. Google Spreadsheets ..... 97
4.3.3. *Application Programing Interface* (API) Pushingbox ..... 98

4.4. *Website* Penampil Data Stasiun Klimatologi ..... 101

4.5. Pengujian Sistem Transmisi Data ..... 104
4.5.1. Penghitungan Penggunaan Kuota ..... 107
4.5.2. Akurasi Data ..... 108

4.6. Persediaan dan Penggunaan Energi Listrik ..... 108

V. SIMPULAN DAN SARAN ..... 112

5.1. Kesimpulan ..... 112

5.2. Saran ..... 113

DAFTAR PUSTAKA ..... 114

LAMPIRAN ..... 118

Gambar 51……...….118

Tabel 5-13……119

Program Pada Arduino IDE……131

## DAFTAR TABEL

Tabel *Teks* Halaman

1. Spesifikasi Mikrokontroler ATmega2560 ..... 21

2. Spesifikasi Sensor DHT22 ..... 25

3. Spesifikasi sensor GY-30 ..... 26

4. Penelitian Sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini ..... 36

*Lampiran*

5. Data validasi dan nilai RMSE suhu sensor DHT22 ..... 119

6. Data validasi dan nilai RMSE kelembapan sensor DHT22 ..... 121

7. Data validasi dan nilai RMSE sensor kecepatan angin ..... 122

8. Data validasi dan nilai RMSE sensor GY-30 ..... 122

9. Data validasi dan nilai RMSE sensor HCSR-04 ..... 123

10. Data validasi dan nilai RMSE sensor DS18B20 ..... 124

11. Data validasi dan nilai RMSE sensor kelengasan tanah ..... 125

12. Data cuaca yang terkirim pada google spreadsheets ..... 126

13. Data pegisian dan penggunaan energi listrik ..... 129

## DAFTAR GAMBAR

Gambar *Teks* Halaman

1. Konfigurasi pin Atmega2560 ..... 20
2. Arduino Mega 2560 ..... 21
3. sensor DHT22 ..... 25
4. Sensor GY-30 ..... 26
5. Sensor suhu DS18B20 ..... 27
6. Sensor Ultrasinok HC-SR04 ..... 29
7. Sensor optocoupler ..... 31
8. Sistem Komunikasi Data ..... 32
9. Diagram prosedur penelitian ..... 43
10. Tampilan jendela software arduino versi 1.8.3 ..... 47
11. Arduino Ethernet Shield ..... 48
12. Real Time Clock ..... 49
13. Liquid Crystal Display (LCD) ..... 50
14. Desain prototipe stasiun klimatologi tampak depan ..... 57
15. Desain prototipe stasiun klimatologi tampak isometri ..... 58
16. Diagram Alir sistem Transmisi Data ..... 61
17. Diagram alir Pemrograman ..... 62
18. Skema mekanisme kerja alat ..... 64

19. Hasil rancangan stasiun klimatologi tampak depan ..... 65

20. Hasil Rancangan Stasiun Klimatologi tampak samping ..... 66

21. Sensor kecepatan angin ..... 68

22. Sensor intensitas cahaya ..... 68

23. Sensor suhu dan kelembapan udara ..... 69

24. Sensor curah hujan ..... 70

25. Sensor kelengasan tanah ..... 71

26. Sensor suhu air ..... 72

27. sensor evaporasi ..... 73

28. Mainboard prototipe stasiun klimatologi ..... 75

29. Kalibrasi suhu sensor DHT22 ..... 81

30. Kalibrasi Kelembapan sensor DHT22 ..... 81

31. Validasi suhu sensor DHT22 ..... 82

32. Validasi Kelembapan sensor DHT22 ..... 82

33. Kalibrasi sensor kecepatan angin ..... 83

34. Validasi sensor kecepatan angin ..... 84

35. Kalibrasi sensor intensitas cahaya gy-30 ..... 85

36. Validasi sensor intensitas cahaya gy-30 ..... 86

37. Kalibrasi sensor ultrasonik hc-sr-04 ..... 87

38. Validasi sensor ultrasonik hc-sr04 ..... 88

39. Kalibrasi sensor suhu air ds18b20 ..... 89

40. Validasi sensor ds18b20 ..... 90

41. Kalibrasi sensor kelengasan tanah ..... 91

42. Validasi sensor kelengasan tanah ..... 92

43. Tampilan layar formulir pada google form ..... 95

44. Tampilan data pada Google Spreadsheets ..... 98

45. Tampilan jendela akun Pushingbox ..... 100

46. Tampilan pada dashboard home..... 103

47. Tampilan pada dashboard Komponen..... 104

48. Tampilan pada dashboard data stasiun..... 104

49. Nilai voltase panel surya dan intensitas cahaya ..... 109

50. Nilai voltase (panel surya dan baterai) dan daya alat..... 110

*Lampiran*

51. Skematik rangkaian.....**Error! Bookmark not defined.**

# I. PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Cuaca merupakan suatu keadaan fisik atmosfer pada waktu tertentu di suatu tempat. Cuaca dapat berubah dalam waktu yang singkat seperti kelembapan udara suhu, dan arah angin. Informasi dari keadaan cuaca rata-rata yang meliputi kurun waktu jangka panjang merupakan peluang statistik untuk menentukan iklim (Manik, 2014). Iklim memiliki peran penting dalam kehidupan mahluk hidup di bumi.. Perbedaan keadaan iklim dan cuaca diberbagai negara di muka bumi disebabkan beberapa faktor yang mengandalikan iklim yaitu posisi lintang, keberadaan lautan atau permukaan air lainnya, pola arah angin, rupa permukaan daratan bumi, kerapatan dan jenis vegetasi (Subarjo, 2006)

Posisi Indonesia yang berada di garis katulistiwa dengan garis lintang antara 23,5$^{o}$LU – 23,5 $^{o}$LS menyebabkan Indonesia beriklim tropik (Subarjo, 2006). Selain itu posisi Indonesia yang berada diantara benua Asia dan Australia, diantara Samudera Pasifik dan samudera Hindia, terdiri dari pulau dan kepulauan yang membujur dari timur ke barat, menyebabkan Indonesia rentan terhadap perubahan iklim/cuaca (Manik, 2014). Informasi mengenai iklim suatu wilayah sangat dibutuhkan sebagai salah satu faktor dalam pengambilan keputusan seperti

menentukan bentuk bangunan rumah hingga jenis tanaman yang akan dibudidayakan. Informasi mengenai cuaca dan iklim umumnya didapatkan dari pengamatan klimatologi.

Klimatologi sebagai ilmu yang mempelajari iklim di bumi terus dikembangkan karena pentingnya pengetahuan dan prediksi iklim diberbagai aspek kehidupan. Informasi klimatologi memiliki banyak fungsi dalam hal kesehatan manusia, antisipasi bencana, hingga perencanaan untuk kegiatan pertanian. Perencanaan pertanian memerlukan informasi iklim sebagai faktor utama pengambilan keputusannya seperti penentuan waktu tanam, pemilihan komoditas tanaman, hingga perencanaan manajemen irigasi. Pada budidaya pertanian iklim/cuaca menjadi salah satu dari 3 bagian penting yang menentukan hasil pertanian selain tanah dan tanaman (Wisnubroto dkk., 1983).

Klimatologi memiliki tiga sumber data yaitu pengamatan menggunakan satelit yang menghasilkan data wilayah yang luas, pengamatan udara di lapisan atas dengan ruang lingkup lebih kecil dan pengamatan secara tradisional dengan stasiun-stasiun iklim yang berada di titik-titik tertentu di permukaan bumi (Manik, 2014). Indonesia sendiri memiliki stasiun-stasiun klimatologi dibeberapa kabupaten/kota yang tersebar diseluruh Provinsi di Indonesia, stasiun-stasiun klimatologi tersebut dibawahi oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dan instasi-instansi lainnya. Terdapat 180 stasiun dan unit pelayanan teknis (UPT) yang dibawahi BMKG Indonesia. Pengukuran dan pencatatan data cuaca di stasiun klimatologi umumnya masih dilakukan oleh perugas secara manual. Pengukuran cuaca secara manual masih membutuhkan operator yang

mengukur satu demi satu alat ukur. Data yang didapat dari pengukuran manual juga tidak bisa diinput secara realtime dan memakan waktu yang lama.

Disisi lain suhu bumi terus meningkat setiap tahunnya yang disebabkan pemanasan global. Pembuangan gas karbon yang besar dan terus menerus ke atmosfer menjadi faktor utama terjadinya pemanasan global. Hal ini pula mempengaruhi cuaca dan iklim di bumi yang menjadi tidak konsisten sehingga tidak dapat diprediksi. Cuaca yang sering berubah-ubah mengakibatkan terjadinya bencana alam seperti banjir dan longsor. Bencana alam yang tidak terprediksi ini menyebabkan banyak korban karena kurangnya antisipasi oleh masyarakat. Sehingga dibutuhkan pengembangan sistem yang mampu melakukan pengukuran cuaca secara *realtime*, presisi dan dapat diakses masyarakat melalui prangkat android. Informasi yang terukur secara *realtime* ini diharapkan dapat mengantisipasi masyarakat dan mengurangi korban dalam bencana alam. Sistem ini dapat dibangun menggunakan mikrokontroler dan *internet of things* (IoT) didalammnya dengan penggunaan sensor.

Penggunaan *mikrokontroler* dengan sistem *internet of things* (IoT) secara bersamaan pada stasiun klimatologi dapat menjadikan informasi cuaca diperoleh dengan mudah dan tersimpan dengan baik karena terhubung langsung dengan internet. Pengaplikasian teknologi IoT pada alat pengukur cuaca secara otomatis dapat memberikan informasi yang efektif dan efisien. Penggunaan sensor sebagai alat ukur yang dihubungkan dengan mikrokontroler, akan mendapatkan data yang lebih akurat yang bermanfaat khususnya dibidang pertanian.

Penelitian tentang pengembangan pegukuran cuaca menggungunakan *mikrokontroler* dan IoT pernah dilakukan oleh Putra (2017), namun penelitian ini hanya mengintegrasikan IoT pada satu alat ukur saja yaitu alat ukur curah hujan. Maka, diperlukan penelitian yang mengintegrasikan IOT dengan alat ukur cuaca yang lebih lengkap. Pengukuran dilakukan pada suhu, kelembapan, kecepatan angin, curah hujan, evaporasi, suhu air, intensitas cahaya, dan kelengasan tanah.

## 1.2. Rumusan Masalah

Data cuaca dari stasiun klimatologi sangat dibutuhkan oleh berbagai bidang khususnya dibidang pertanian, karena informasi cuaca merupakan indikator penting dalam perencanaan dan pengambilan keputusan pertanian. Saat ini, informasi mengenai cuaca/iklim secara komplit masi sulit didapatkan khususnya oleh petani. Umumnya informasi cuaca didapatkan dari BMKG atau internet masih terbatas, seperti data suhu dan prediksi cuaca dibeberapa cakupan wilayah kurang spesifik. Informasi cuaca lain yang berpengaruh besar dalam sektor pertanian seperti evaporasi, kelembapan, intensitas cahaya dan yang lainnya, belum dapat diakses secara mudah dan *realtime.*

Oleh karena itu, dibutuhkan pengembangan stasiun cuaca yang memberikan informasi secara otomatis, akurat, dan *realtime* yang terintegrasi dengan *internet of things* (IoT). Rumusan permasalahan dari rancang bangun prototipe stasiun klimatologi yang terintegrasi dengan IoT adalah:

1) Bagaimana perancangan prototipe stasiun klimatologi menggunakan mikrokontroler dan solar sel yang terintegrasi dengan IoT ?

2) Bagaimana sistem pengambilan dan pengiriman data dari prototipe stasiun klimatologi yang terintegrasi dengan IoT ?

## 1.3. Batasan Masalah

Ruang lingkup dari penelitian ini yaitu membuat prototipe stasiun klimatologi yang berada di permukaan bumi dengan mengukur suhu dan kelembapan udara, intensitas cahaya matahari, volume curah hujan, kelengasan tanah, kecepatan angin, evaporasi, dan suhu permukaan air. Data suhu akan diukur oleh sensor yang telah dihubungkan dengan mikrokontroler. Pengiriman data dilakukan secara otomatis dengan berbasis *internet of things* (IoT).

## 1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu:

1) Tujuan Utama

Merancang prototipe stasiun klimatologi menggunakan *mikrokontroler* ATMEGA2560 pada sistem otomatisasi dan pengaplikasian *internet of things* (IoT) pada sistem transmisi data.

2) Tujuan Khusus

a) Pegujian rancagan sistem kerja prototipe stasiun klimatologi yang meliputi uji kalibrasi dan validasi pada tiap sensor.

b) Penentuan metode transmisi data prototipe stasiun klimatologi yang terintegrasi dengan *internet of things* (IoT).

c) Uji kinerja sistem transmisi data pada prototipe stasiun klimatologi yang terintegrasi dengan *internet of things* (IoT).

## 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah:

1) Menjadi referensi ilmiah dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan pengembangan stasiun klimatologi otomatis dalam pengambilan dan pengiriman data.
2) Membantu mengatasi masalah tentang kebutuhan informasi cuaca bagi berbagai pihak seperti pemerintah, petani maupun masyarakat umum.

# II. TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1. Cuaca dan Iklim

Cuaca adalah keadaan atmosfer pada setiap waktu kesatuan. Untuk menyatakan kadar cuaca digunakan nilai unsur-unsurnya secara simultan antara lain suhu, tekanan, angin, kelembapan, termasuk adanya fenomena pada waktu kesatuan yang dimaksud. Dengan demikian cara mengemukakan nilai-nilai unsur cuaca berbeda apabila waktu kesatuannya berbeda. Untuk menyatakan cuaca pada suatu saat digunakan nilai-nilai unsur cuaca saat itu, sedangkan untuk menyatakan cuaca dalam waktu kesatuan yang lebih panjang menggunakan nilai-nilai unsur cuaca paling rendah, paling tinggi, paling dirasakan. (Wirjohamidjojo dan Swarinoto, 2010).

Iklim mengandung pengertian kebiasaan cuaca yang terjadi di suatu tempat atau daerah, dan juga memberi pengertian bahwa iklim adalah ciri kecuacaan suatu tempat atau daerah, dan bukan cuaca rata-rata. Oleh karena itu, tidak mungkin kita mengatakan iklim hari ini, iklim besok pagi, iklim minggu depan, dst.; tetapi kita dapat mengatakan iklim zaman dahulu, iklim selama ini, iklim di waktu mendatang. Jadi, iklim berkaitan dengan periode waktu panjang tidak tentu. Ciri kecuacaan suatu tempat atau daerah ditetapkan berdasarkan kriteria keseringan atau probabilitas nilai-nilai satu atau lebih unsur iklim yang ditetapkan, misalnya:

hujan, suhu, suhu dan hujan, suhu dan angin, hujan dan penguapan (Wirjohamidjojo dan Swarinoto, 2010).

Cuaca dan iklim sangat berpengaruh terhadap prduktifitas pertanian. Perubahan iklim berdampak terhadap produktifitas pertanian terutama pada lahan padi gogo dan jagung (Apriyana dkk., 2016). penelitian lain juga dilakukan oleh Prasetyo dkk (2017) tentang pengaruh iklimterhadap produktifitas kopi robusta di kabupaten Malang, hasilnya produktifitas kopi robusta sangat dipengaruhi oleh iklim denga 40,1 % variasi produktivitas kopi robusta dapat dijelaskan oleh variasi variable suhu. Iklim dan cuaca suatu wilayah sangat penting dalam produktivitas suatu komoditas tanaman. Sehingga diperlukan pengetahuan tentang iklim di suatu wilayah tersebut agar produktivitas pertanian lebih optimal.

## 2.2. Hubungan Cuaca dengan Bidang Pertanian

Pada bidang pertanian cuaca dan iklim merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi hasil pertanian selain tanah dan tanaman (Wisnubroto dkk., 1983). Pada wilayah yang berada dalam kondisi iklim tertentu akan didominasi oleh spesies-spesies tumbuhan tertentu, yaitu spesies yag dapat beradaptasi dengan kondisi iklim tersebut. Iklim juga mempengaruhi jenis tanaman yang sesuai untuk dibudidayakan pada suatu kawasan, manajemen jadwal budidaya pertanian, dan teknik budidaya yang dilakukan pelaku pertanian (Lakitan, 1994). Pada bidang pertanian iklim dan cuaca juga sangat berengaruh terhadap kualitas tanah, tanaman, hama dan penyakit tanaman (Kartasapoetra, 2006).

Tanah merupakan fakor penting dalam budidaya pertanian memiliki sifat fisika, kimia dan biologi yang sangat bergantung oleh keadaan cuaca dan iklim. Unsur unsur iklim yang sangat mempengaruhi sifat-sifat tanah yaitu hujan, suhu, kelembapan. Faktor cuaca dan iklim memiliki berpengaruh positif dan negative terhadap sifat tanah itu sendiri. Tanah yang terbentuk dan dipengaruhi oleh faktor cuaca seperti hujan dan suhu disebut *climate soil type* (Kartasapoetra, 2006).

Unsur cuaca dan iklim memiliki pengaruh yang berbeda kepada tiap-tiap tanaman. Seperti suhu berpengaruh terhadap pertumbuhan, pematangan buah dan penguapan air dalam tanaman. Kelembapan dan angin mempengaruhi penyerbukan, serta penyinaran matahari berpengaruh terhadap prosesn fotosintesis (subarjo, 2006). Tanaman memiliki keberagaman dan berbagai sifat tumbuh yang salah satu foaktor tumbuhnya yaitu iklim dari tempatnya tumbuh. Ada tanaman yang tumbuh di iklim tropis dan ada pula yang tumbuh di iklim sedang. Pelaku pertanian melakukan pendekatan untuk mempelajari ilmu klimatologi untuk merekayasa tanaman yang akan mereka tanam agar bertahan dalam iklim yang tidak seharusnya. Pola pertanian, sistem bercocok tanam, sistem pegolahan tanah, pembukaan lahan pertanian, pengunaan bibit unggul, serta pemberantasan hama dan penyakit tanaman sangat dipengaruhi oleh iklim setempat (Kartasapoetra, 2006).

Hama dan penyakit yang menyerang tanaman dalam budidaya pertanian sebagian besar terbawa oleh cuaca dan iklim seperti angin, udara, dan sinar matahari. Pengaruh iklim dapat mempercepat dan memperbanyak keberadaan berbagai hama dan penyakit tanaman yang akan memperkecil haasil panen. Pengaruh

cuaca dan iklim pula terhadap hewan ternak melalui gizi dari makanan yang mereka makan. Nilai mineral rerumputan yang dimakan oleh hewan ternak sangat dipengaruhi oleh cuaca dan kualtas tanah yang juga berpengaruh terhadap cuaca dan iklim (subarjo, 2006).

## 2.3. Stasiun Klimatologi

Stasiun Klimatologi adalah stasiun dimana observasinya digunakan untuk tujuan klimatologi, seperti kepentingan analisis variabilitas iklim dan perubahan iklim. Pengamatan yang dilakukan pada stasiun klimatologi utama meliputi unsur-unsur meteorology diantaranya, Keadaan cuaca, Arah dan kecepatan angin, Suhu udara, Kelembapan, Tekanan udara, Curah hujan, Lama penyinaran matahari, Radiasi matahari, Suhu tanah dan lain lain.

Indonesia memiliki berbagai tipe stasiun klimatologi berdasarkan jenis cuaca yang terukur diantaranya stasiun klimatologi referensi (Reference climatological station), stasiun klimatologi utama (Principal climatological station), stasiun klimatologi biasa (Ordinary climatological station), stasiun klimatologi tujuan khusus (Climatological station for specific purposes) dan pos hujan (Precipitation stations). Stasiun-stasiun klimatologi tersebut dibawahi oleh instansi-instansi seperti perusahaan, pendidikan, dan pemerintahan yang dibawahi Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Berdasarkan luas cakupanya terdapat tiga stasiun klimatologi menggunakan satelit yang menghasilkan data wilayah yang luas, pengamatan udara di lapisan atas dengan ruang lingkup lebih

kecil dan pengamatan secara tradisional dengan stasiun-stasiun iklim yang berada di titik-titik tertentu di permukaan bumi (Manik, 2014).

Stasiun klimatologi permukaan bumi memiliki berbagai alat sebagai indera pembaca yang memiliki berbagai fungsi seperti alat pengukur hujan, suhu dan lain sebagainya. Alat pengukur tersebut diantaranya : *actinograph* bimetal: mencatat secara otomatis intensitas radiasi matahari, anemometer; mencatat arah dan kecepatan angin sesaat, campbel stokes; mencatat lamanya penyinaran matahari, cup counter anemometer; pengukur kecepatan angin rata-rata harian, high volume air sampler; pengukur partikel kecil padat aerosol di udara, lysimeter; untuk mengukur evapotranspirasi, open pan evaporimeter; pengukur penguapan air langsung dengan satuan : milimeter, penakar hujan otomatis; pencatat instensitas curahhujan / tingkat kelebatannya, psycrometer standar; untuk mengukur suhu udara dan kelembapan udara dengan satuan derajat celciun serta persen, sangkar meteorologi; tempat meletakkan peralatan meteorology dan thermometer apung maksimum dan minimum; mencatat suhu maksimum dan minimum air yang terjadi selama 24 jam ( BMKG, 2015).

Pada stasiun klimatologi di lingkungan pertanian disebut dengan stasiun cuaca pertanian. Unsur cuaca dalam pertanian memilki lingkup yang lebih kecil dibandingkan dengan stasiun klimatologi pada umumnya (Wirjohamidjojo dan Swarinoto, 2007).

## 2.4. Stasiun Cuaca Pertanian

Stasiun cuaca pertanian adalah tempat yang dilengkapi dengan peralatannya untuk melakukan pengamatan dan pengukuran cuaca di tempat kegiatan pertanian. Stasiun cuaca pertanian sebaiknya ditempatkan di daerah pertanian. Perangkat peralatan yang diperlukan meliputi salah satu, beberapa atau keseluruhan dari macam alat yang digunakan untuk mengukur besarnya nilai-nilai unsur cuaca pertanian. Lokasi penempatan alat-alat ukur disesuaikan dengan keperluannya. Bila pengamatan atau pengukuran dimaksudkan untuk memperoleh data yang umum atau mewakili daerah yang luas perangkat alat pengamatan di tempatkan di tempat terbuka. Bila pengamatan atau pengukuran dimaksudkan untuk memperoleh data yang khusus untuk tempat tertentu perangkat alat pengamatan di tempatkan di tempat yang dimaksud (Wirjohamidjojo dan Swarinoto, 2007). Unsur cuaca pada bidang pertanian yang utama untuk diukur yaitu : sinaran surya, suhu, angin, penguapan dan hujan.

### 2.4.1. Intensitas Cahaya Matahari

Intensitas sinaran adalah ukuran banyaknya sinaran per satuan luas per satuan waktu, yang dinyatakan dengan satuan watt atau miliwatt 2 2per cm atau kalori per cm per menit. Apabila air cukup tersedia, pertumbuhan dan produksi tanaman hampir seluruhnya ditentukan oleh sinaran matahari dan suhu udara. Kebutuhan tanaman akan sinaran matahari juga berbeda-beda menurut jenis tanaman dan fase pertumbuhannya. Irsal dalam Wirjohamidjojo dan Swarinoto (2007) melakukan penelitian dengan hasil penelitian yang telah banyak dilakukan seperti yang

dilakukan menunjukkan bahwa pemanfaatan sinaran matahari oleh padi gogo selama pertumbuhan reproduktif jauh lebih efisien ( > 2 kali) dibandingkan dengan selama pertumbuhan vegetative (Wirjohamidjojo dan Swarinoto, 2007).

### 2.4.2. Suhu dan Kelembapan Udara

Suhu yang diperlukan bagi kegiatan pertanian meliputi suhu udara lingkungan atau suhu permukaan dan suhu tanah. Sumber utama yang menimbulkan panasnya atmosfer adalah sinaran matahari. Apabila sinaran matahari mengenai suatu benda sebagian sinaran dipantulkan, sebagian diteruskan, dan sebagian diserap. Suhu yang diperlukan bagi kegiatan pertanian meliputi suhu udara lingkungan atau suhu permukaan dan suhu tanah. Sumber utama yang menimbulkan panasnya atmosfer adalah sinaran matahari. Apabila sinaran matahari mengenai suatu benda sebagian sinaran dipantulkan, sebagian diteruskan, dan sebagian diserap. Setiap bagian atmosfer mempunyai suhu yang berbeda; demikian pula berbeda pada setiap saat. Perbedaan tersebut terjadi karena berbeda jumlah sinaran yang diterima dan karena berbagai faktor lainnya; antara lain karena kedudukan matahari, tinggi rendahnya tempat, struktur dan jenis permukaan. Dalam arah mendatar di dekat permukaan bumi ke arah kutub suhu makin berkurang (Wirjohamidjojo dan Swarinoto, 2007).

Udara mengandung uap air yang banyaknya tidak tetap. Uap air berasal dari berbagai sumber, antara lain dari penguapan laut, penguapan sungai, penguapan danau, dan penguap-peluhan dari tumbuh-tumbuhan. Untuk menyatakan kadar uap air di dalam udara digunakan istilah kelembapan. Banyaknya uap air di

dalam udara bergantung ke-pada banyak faktor, antara lain ketersediaan air dan sumber uap, suhu udara, tekanan udara, angin. Dalam kajian sifat udara untuk keperluan tertentu, udara dibedakan dari kandungan uap air di dalamnya dan dikenal istilah udara basah dan udara kering. Udara basah digunakan untuk menyatakan udara yang mengandung uap air, dan udara kering bagi udara yang tidak mengandung uap air. Jadi udara basah adalah campuran udara kering dan uap air. Baik udara kering maupun uap air keduanya berbentuk gas yang mempunyai tekanan. Tekanan atmosfer atau yang lazim disebut tekanan udara, adalah jumlah tekanan dari udara kering dan tekanan uap air yang ada di dalam atmosfer saat itu. Kelembapan mutlak atau nisbah campur adalah perbandingan antara massa uap air dan massa udara kering dalam tiap satuan volume 3udara. Misalkan dalam 1m udara terdapat m uap air dan m udara kering (Wirjohamidjojo dan Swarinoto, 2007).

### 2.4.3. Kecepatan Angin

Angin Adalah perbedaan suhu dan tekanan antara suatu tempat dan pada tempat lain, terjadilah gerakan udara. Selanjutnya bila tidak ada penjelasan lainnya, istilah angin digunakan untuk mengatakan gerak udara dalam arah mendatar. Angin juga dapat berubah-ubah pada waktu terik matahari. Perubahan kecepatannya dapat besar dan dalam waktu singkat, disebut “langkisau (gust)”. Sesaat sesudah terjadi langkisau biasanya diikuti keadaan lengang atau tak ada angin. Pada stasiun cuaca pertanian unsur angin yang terukur adalah kecepatan angin.

Angin mempunyai energi yang besarnya setara dengan kecepatannya; makin kencang makin besar energi yang dibawanya. Berkaitan dengan energi tersebut oleh Beaufort angin dibedakan tingkatnya dari kekuatannya dan dinyatakan dengan skala yang dikenal dengan skala Beaufort. Kecepatan angin dinyatakan dalam m/dt. Angin dicirikan dengan arah datangnya dan kecepatannya Kecepatan angin dinyatakan dalam km/jam, m/detik, atau dalam knot ( 1 knot = 1 mil/jam = 1,8 km/jam ) (Wirjohamidjojo dan Swarinoto, 2007).

### 2.4.4. Penguapan

Penguapan adalah proses keluarnya uap dari permukaan air. Besarnya penguapan dinyatakan dengan bilangan dalam millimeter yang menyatakan banyaknya air yang hilang karena menguap melalui tiap satuan luas tiap satuan waktu. Misalkan banyaknya penguapan sebesar 1 mm/hari berarti air yang berubah menjadi uap tiap 1 m selama sehari sebanyak 1 m X 1mm = 1000.000 mm = 1 liter. Laju penguapan termasuk hal penting dalam pertanian.

Penguapan yang melalui permukaan benda bukan air, misalnya permukaan tanah, daun, dan lain sebagainya disebut sebagai “penguap peluhan”. Besarnya laju penguapan dan laju penguapan peluhan bergantung banyak faktor, antara lain sinaran matahari, suhu, angin, kelembapan, tekanan atmosfer, jenis permukaan, jenis tanah. Untuk mengukur besarnya penguapan digunakan alat evaporimeter. Evaporimeter yang lazim digunakan adalah evaporimeter panci terbuka (*open pan* evaporimeter). Evaporimeter panci terbuka terdiri atas bak yang diisi air dan dilengkapi dengan alat ukur tingginya permukaan air. Evaporimeter panci terbuka

dipasang di tempat terbuka yang kira-kira sejauh empat kali tinggi pepohonan atau bangunan di sekelilingnya agar dapat diperoleh besarnya penguapan yang sebenarnya (Wirjohamidjojo dan Swarinoto, 2007).

### 2.4.5. Hujan

Curah hujan adalah butir-butir air atau kristal es yang keluar dari awan. Bila curahan dapat mencapai bumi disebut “hujan”; apabila setelah keluar dari dasar awan tidak sampai ke bumi karena habis menguap segera setelah keluar dari awan disebut “virga”. Butir air yang dapat keluar dari awan dan mencapai bumi sekurang-kurangnya bergaris tengah 200 mikrometer; bila kurang dari 200 mikrometer, butir-butir air tersebut sudah habis menguap sebelum mencapai bumi (1 mikrometer = 0,001 cm). Parameter yang penting dari hujan bagi pertanian adalah intensitasnya, banyaknya, dan keseringan terjadinya. Intensitas hujan adalah banyaknya curah hujan selama waktu hujan. Bila selama hujan banyaknya curah hujan = r mm dan hujan berlangsung selama t menit. Banyaknya hujan (R) adalah jumlah air hujan yang sampai ke permukaan bumi selama selang waktu pengukuran. Umumnya dinyatakan dengan satuam millimeter (mm) atau inci (inc). Bila selama satu hari banyaknya hujan (R) = 1 mm berarti bahwa selama hari itu air hujan yang tertampung pada permukaan bumi setiap luas 1 m sebanyak 1 m X 1mm = 1.000.000 mm = 1 liter (Wirjohamidjojo dan Swarinoto, 2007).

## 2.5. Mikrokontroler

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 efektivitas 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). Penelitian yang dilakuan Telaumbanua dkk (2018) menggunakan mikrokontroler ATMega328 sebagai pengontrol kerja pengusir hama tikus sawah berbasis gelombang ultrasonik. Arduino ATMega328 sebagai pusat kendali sistem dalpat bekerja dengan baik untuk merespon informasi dari sensor dan memerintah aktuator.

### 2.5.1. Prisip 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 pengubahan data.
3) *Program Counter* telah berubah nilainya (baik karena penambahan otomatis sebagaimana pada langkah 1 di atas atau karena pengubahan pada langkah 2). Selanjutnya yang dilakukan mikrokontroler sadalah 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). Pada mikrokontroler arduino uno dapat beroperasi pada tegangan 5V-12V pada arus DC (Telaumbanua[3], 2019)

Pembuatan 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

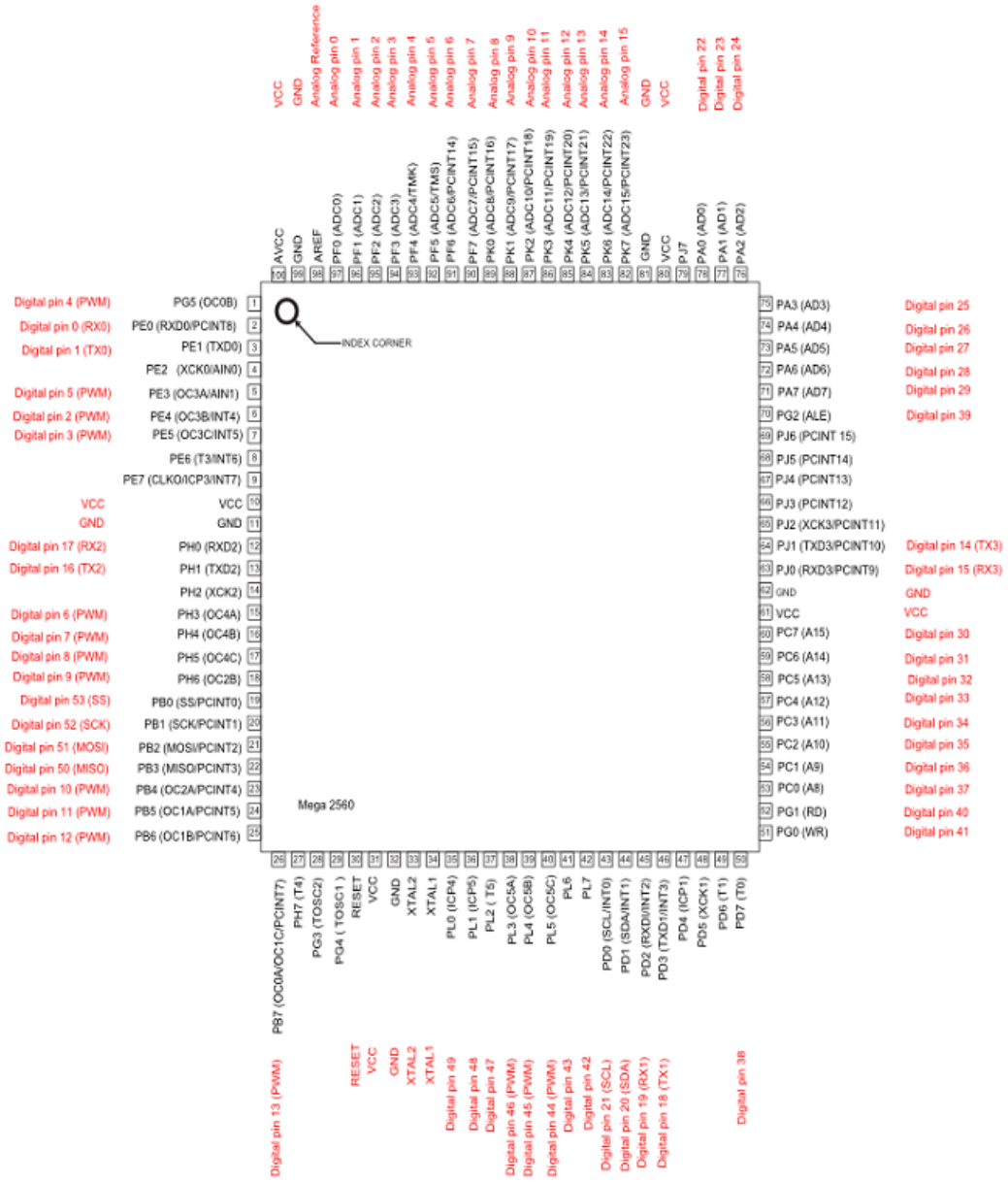
I/O, menampilkan hasil pembacaan yang telah diolah. Proses pengendalian ADC, pemberian sinyal-sinyal yang tepat pada *display* ke semuanya dikerjakan secara berurutan pada program yang ditulis di ROM (Setiawan, 2006).

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*).

### 2.5.2. Mikrokontroler ATMega 2560

ATmega2560 merupakan salah satu jenis mikrokontroler Atmel AVR yang memiliki 85 pin *input/ output* yang tersedia. Beberapa fitur yang dimiliki oleh mikrokontroler ATmega2560 yaitu ADC *internal*, EEPROM *internal*, *timer*, *pulse width modulation* (PWM), port *input/output*, komunikasi serial dan komparator.

Arduino Mega2560 R3 merupakan papan mikrokontroler generasi ke tiga yang dibuat oleh perusahaan Arduino berbasis chipset ATmega2560. Arduino Mega 2560 R3 memiliki jumlah pin sebanyak 54 pin digital *input/ouput*. 54 pin tersebut diantaranya 15 pin luaran PWM, 16 pin sebagai pin masukkan analog dan 4 pin sebagai UART, Konfigurasi pin Atmega2560 ditunjujjan pada Gambar 1. Selain itu Arduino Mega 2560 R3 juga memiliki beberapa elemen pendukung yaitu 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, *jack power*, *header*, ICSP, dan tombol *reset.* (Arduino, 2015).




Gambar 1. Konfigurasi pin Atmega2560 (Arduino.cc[1])

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 (Kadir, 2013). Arduino ATMega 2560 dapat dilihat di Gambar 2. Spesifikasi sederhana dari Arduino Mega2560 ditunjukkan oleh Tabel 1:

Gambar 2. Arduino Mega 2560 (Arduino.cc[2])

Tabel 1. Spesifikasi Mikrokontroler ATmega2560

| **Mikrokontroler** | **ATmega2560** |
|---|---|
| **Tegangan Operasi** | 5V |
| ***Input Voltage* (disarankan)** | 7-12V |
| ***Input Voltage* (limit)** | 6-20V |
| ***Pin Digital* I/O** | 54 (yang 15 pin digunakan sebagai output PWM) |
| ***Pins Input Analog*** | 16 |
| **Arus DC per pin I/O** | 40 mA |
| **Arus DC untuk pin 3.3V** | 50 mA |
| ***Flash* Memori** | 256 KB (8 KB digunakan untuk bootloader) |
| **SRAM** | 8 KB |
| **EEPROM** | 4 KB |
| ***Clock Speed*** | 16 MHz |

(Sumber : Kadir, 2013)

Arduino Mega dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Sumber daya eksternal (non-USB) dapat berasal baik dari adaptor AC-DC atau baterai. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan steker 2,1 mm yang bagian tengahnya terminal positif ke ke *jack* sumber tegangan pada papan. Jika tegangan berasal dari baterai

dapat langsung dihubungkan melalui header pin Gnd dan pin Vcc dari konektor *power* (Shankara dan Mallik, 2009).

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) (Kadir, 2013).

Masing-masing dari 54 *digital* pin pada Arduino Mega dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan fungsi pinMode() , digitalWrite() , dan digitalRead(). Arduino Mega beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima arus maksimum 40 mA dan memiliki resistor *pull-up* internal (yang terputus secara *default*) sebesar 20-50 kOhm (Shankara dan Mallik, 2009).

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) (Kadir, 2013).

Arduino Mega dapat diprogram dengan *software* Arduino. ATmega2560 pada Arduino Mega sudah tersedia *preburned* dengan *bootloader* yang memungkinkan untuk mengunggah kode baru tanpa menggunakan programmer *hardware* eksternal. Hal ini karena komunikasi yang terjadi menggunakan protokol asli STK500. Anda juga dapat melewati (*bypass*) *bootloader* dan program mikrokontroler melalui pin header ICSP (In-Circuit Serial Programming) (Shankara dan Mallik, 2009).

Karakteristik fisik arduino 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 (Kadir, 2013). Arduino ATmega2560 dapat digunakan pusat kerja dalam suatu sistem kontrol otomatis. Telaumbanua[1] dkk (2019) menggunakan Arduino ATmega2560 sebagai pusat kinerja dari sistem

hidroponik otomatis pada budidaya bawang merah. Pada penelitian ini Arduino ATmega2560 menggerakkan aktuator pompa berdasarkan informasi dari sensor, dengan keakurasian kerja nya mencapai 100%.

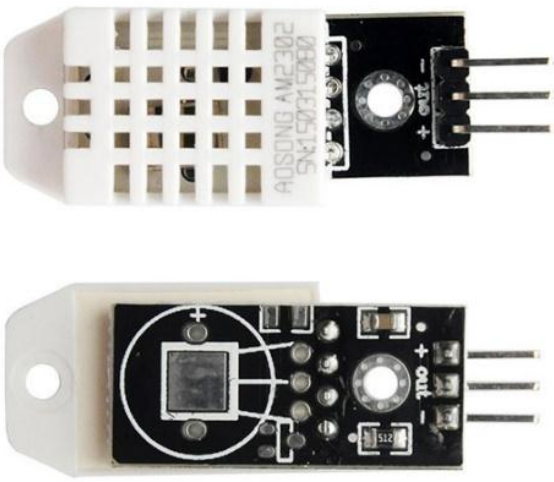
## 2.6. Sensor

Sensor adalah piranti yang mengubah suatu nilai (isyarat/energi) fisik ke nilai fisik yang lain menjadi satuan analog sehingga dapat dibaca oleh suatu rangkaian elektronik. Fenomena fisik yang mampu menstimulus sensor untuk menghasilkan sinyal elektrik meliputi temperatur, tekanan, gaya, medan magnet, cahaya, pergerakan, dan sebagainya. Dalam lingkungan sistem pengendali dan robotika, sensor memberikan kesamaan yang menyerupai mata, pendengaran, hidung, lidah yang kemudian akan diolah oleh kontroler sebagai otaknya (Petruzella, 2001). Penelitian ini menggunakan sensor sebagai alat ukur yang membaca keadaan cuaca dan perubahanya.

### 2.6.1. Sensor Suhu dan Kelembapan DHT22

Sensor DHT22 adalah sensor digital yang mampu mengukur suhu dan kelembapan udara. Terdapat dua jenis sensor DHT yaitu DHT11 dan DHT22, sensor DHT22 memiliki kemampuannya dalam tingkat stabilitas tergolong baik serta kemampuan kalibrasi yang akurat jika dibandingkan dengan sensor DHT11. Sensor DHT22 memiliki galat relatif pengukuran suhu 4% (< 4,5%) dan kelembapan 18% (<19,75%) dan DHT11 memiliki rentang galat relatif yang lebih lebar yaitu sebesar 1 – 7% pada pengukuran suhu dan 11 – 35% pada pengukuran

kelembapan (Saptadi, 2014). Sensor ini tergolong mudah dalam pengaplikasiannya bersama arduino. Spesifikasi sensor DHT22 dapat dilihat pada Tabel 2. Gambar sensor DHT22 ditunjukkan oleh Gambar 3.




Gambar 3. sensor DHT22

Tabel 2. Spesifikasi Sensor DHT22

| Kemampuan | Spesifikasi |
|---|---|
| **Tegangan Input** | 5V |
| **Pembacaan Kelemababan Udara** | 0-100 % (akurasi 2-5%) |
| **Pembacaan Suhu** | -40 $^{o}$C sampai 80 $^{o}$C (akurasi ±0.5 $^{o}$C) |
| **Dimensi** | 27mm x 59mm x 13,5mm |
| **Konsumsi Arus** | 2,5 mA |
| **Berat** | 2,4 g |

### 2.6.2. Sensor Intensitas Cahaya GY-30

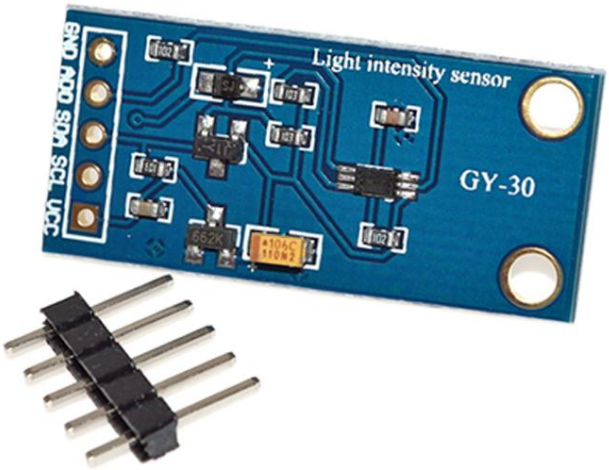
*GY-30 Digital Light Intensity Sensor Module* adalah sebuah modul sensor cahaya berbasis IC BH1750. BH1750 adalah sebuah IC sensor cahaya dengan antarmuka

IC. Modul ini memberikan nilai output digital melalui IC bus, sehingga tidak perlu lagi menambahkan konverter ADC. Spesifikasi sensor GY-30 ditunjukkan oleh Tabel 3 . Gambar sensor GY-30 ditunjukkan pada Gambar 4.

Penelitian yang dilakukan oleh Tricahyono (2018) menggunakan sensor gy-302 sebagai pembaca intensitas cahaya matahari pada sistem monitoring intensitas cahaya dan daya pada *dual axis solar tracking system* berbasis IoT, nilai pembacaan sensor gy-302 menunjukkan nilai intensitas cahaya dengan eror 0.36% dengan kalibrator lux meter digital.

Tabel 3. Spesifikasi sensor GY-30

| Kemampuan | Spesifikasi |
|---|---|
| **Tegangan Input** | 3,5 V |
| **Resolusi** | 0 - 65535 lux |
| **Antarmuka** | IC |
| **Dimensi** | 13,9 x 18,5 mm |
| **Jenis Output** | Digital |
| **Chip Sensor** | BH1750FVI |




Gambar 4. Sensor GY-30

### 2.6.3. Sensor Suhu Air DS18B20

Sensor DS18B20 merupakan komponen sensor suhu yang memiliki kemampuan tahan air (*waterproof*). Sensor ini sangat cocok digunakan untuk mengukur temperatur pada tempat yang basah dan sulit untuk dijangkau. Sensor keluaran *Dallas Semiconductor* ini memiliki keluaran digital sehingga tidak membutuhkan rangkaian ADC, serta akurasi nilai suhu dan kecepatan pengukuran memiliki kestabilan yang baik. Pembacaan suhu pada sensor ini menggunakan protocol 1 *wire communication.* DS18B20 memiliki 3 pin yang terdiri dari +5V, *Ground* dan Data *Input*/*Output*. Sensor ini merupakan sensor yang sangat praktis karena hanya membutuhkan 1 pin I/O saja untuk bisa bekerja dengan mikrokontroler. Sensor DS18B20 mampu membaca suhu -55°C hingga +125°C dengan keakurasian ±0.5°C. Gambar sensor DS18B20 dituntukkan pada Gambar 5.

Gambar 5. Sensor suhu DS18B20

Berikut adalah spesifikasi sensor suhu DS18B20

a) Tegangan operasi 3V sampai 5,5 V *power*/data

b) Suhu terukur -55$^{o}$C sampai 125$^{o}$C

c) Tingkat akurasi ±0,5$^{o}$C

d) Kecepatan pengukuran <750ms

e) Kaki *interface* VCC, GND, dan DATA

Penelitian menggunakan sensor suhu DS18B20 telah dilakukan oleh rozaq dan setyaningsih (2017), mereka menguji karakter sensor dari DS18B20 Waterproof yang digunakan dalam pengukuran suhu air. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa sensor DS18B20 memiliki tangka kesalahan tidak lebih dari 2% atau keakuratan senilai 98%. Telaumbanua[2] dkk(2019) menggunakan sensor suhu *waterproof* yang diintegrasikan dengan Mikrokontroler untuk menggukur suhu dalam bak pada proses pembuaat pupuk cair dari limbah kelapa sawit dan nanas.

### 2.6.4. Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik HC-SR04 (Gambar 6) adalah sensor yang diaplikasikan untuk pengukuran jarak dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik. Sensor ultrasonik terdiri dari dua buah rangkaian utama, yaitu rangkaian pengirim yang disebut transmitter dan rangkaian penerima yang disebut receiver. Prinsip kerja sensor ultrasonik berdasarkan pantulan gelombang suara yang kemudian menangkapnya kembali dengan perbandingan waktu. Perbedaan waktu yang dipancarkan dan yang diterima kembali adalah setelah sinyal tersebut sampai di penerima ultrasonik, kemudian sinyal tersebut akan diproses untuk menghitung jarak objek

yang direfleksikan. Jarak antara waktu pancar dan waktu terima adalah representasi dari jarak objek. Sensor ini bekerja dengan gelombang sekitar 40 KHZ, sehingga tidak dapat didengar oleh telinga manusia dan kemungkinan noise sangat kecil sebab frekuensi yang tinggi.

Gambar 6. Sensor Ultrasinok HC-SR04

Sensor ultrasonik ini dapat mengukur ketinggian suatu air seperti yang dilakukan oleh Andayani dkk (2016), melakukan penelitian menggunakan sensor ultrasonik hc-sr04 sebagai sensor pendeteksi jarak pada prototipe sistem peringatan dini bencana banjir, sensor ini diperuntukkan sebagai pembaca ketinggian air. Nilai sensor ultrasonik pada kalibrasi yang dilakukan, menunjukkan sensor bekerja dengan baik dari jarak 14-250 cm dengan kesalahan relatif maksimum sebesar 4,33 %.

### 2.6.5. Sensor Kelengasan Tanah

Sensor kelengasan tanah yang digunakan berupa dua *probe* yang ditancapkan ke dalam tanah. Prinsip yang digunakan ialah prinsip konduktivitas. Kedua *probe* diberikan beda potensial listrik untuk menghasilkan hubungan konduktivitas dan resistansi. Semakin banyak air membuat tanah lebih mudah menghantarkan listrik

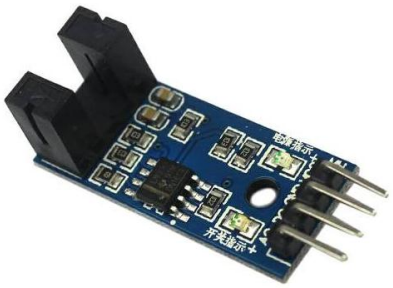
(resistansi kecil), sedangkan tanah yang kering sangat sulit menghantarkan listrik (resistansi besar). Soil Moisture Sensor FC-28 memiliki spesifikasi tegangan inputsebesar 3.3V atau 5V, tegangan output sebesar 0 –4.2V, arus sebesar 35 mA, dan memiliki value rangeADC sebesar 1024 bit mulai dari 0 –1023 bit (Yahwe dkk, 2016)

Husdi (2018) melakukan penelitian monitoring kelembapan tanah pertanian menggunakan *soil moisture sensor* fc-28 dan arduino uno. Pada penelitiannya didapatkan sistem monitoring kelembapan tanah yang dapat digunakan untuk memonitoring lahan pertanian dengan kondisi tanah yang dihasilkan adalah basah, lembab dan kering. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pengukuran kelembapan tanah dengan menggunakan sensor *Soil Moisture* dapat mengirimkan dengan baik nilai kelembapan tanah ke arduino dan ditransmisikan ke layar komputer dan LCD. Jika kondisi tanah dalam keadaan kering maka nilai range yang ditampilkan di akan tinggi atau tanah dalam kondisi kering. Demikian juga sebaliknya pada saat hujan turun atau tanah dalam keadaan basah maka nilai range yang dihasilkan akan rendah atau tanah dalam keadaan basah dan lembab.

### 2.6.6. Sensor *Optocoupler*

*Optocoupler* adalah suatu piranti yang terdiri dari 2 bagian yaitu *transmitter* dan *receiver*, yaitu antara bagian cahaya dengan bagian deteksi sumber cahaya terpisah. *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). Sensor *optocoupler* ditunjukkan pada Gambar 7. Penelitian ini menggunakan sensor *optocoupler* pada penghitungan kecepatan angin dan curah hujan.



Gambar 7. Sensor *optocoupler*

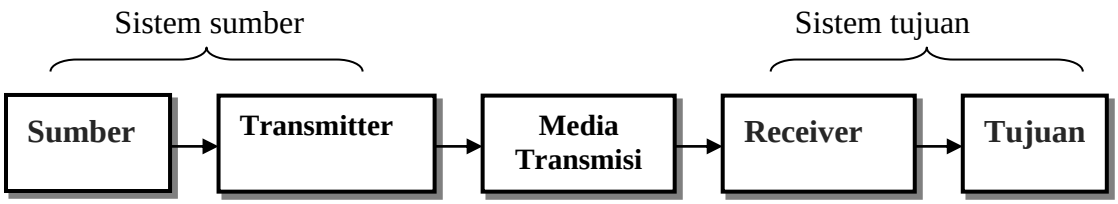
Penelitian Putra (2017), menggunakan sensor *optocoupler* sebagai sensor penghitung curah hujan pada alat pengukur curah hujan tipe *tipping bucket.* Air hujan yang tertampung oleh corong langsung disalurkan ke *bucket* yang berbentuk seperti jungkat-jungkit yang telah dikalibrasi. Pada *bucket* terdapat trigger, saat *bucket* bergerak menumpahkan air yang telah penuh tertampung maka trigger akan ikut bergerak meliwati muka *optocoupler*. Saat trigger melewati muka *optocoupler* maka sinar dari *transmitter* tidak diterima oleh *receiver*, saat proses tersebut *optocoupler* melakukan *tipping* volume curah hujan. Pada penelitian ini setiap satu kali *tipping* curah hujan yang terukur adalah 0,44 mm.

Sensor *optocoupler* digunakan juga sebagai sensor dalam pengukur kecepatan angin dalam penelitian Suwarti dkk (2017), mereka menggunakan cup anemometer (anemometer mangkok) dimana sensor laju anginnya terdiri dari 3 cup yang saling dihubungkan oleh lengan yang ditempelkan pada shaft penggerak.

Semua cup menghadap ke satu arah melingkar sehingga bila angin bertiup maka rotor berputar pada arah tetap. Pada shaft penggerak terdapat piringan yang berlubang yang berhadapan langsung dengan sensor *optocoupler*. Lubang pada piringan berfungsi untuk memutus sinyal pada sensor saat anemometer berputar sehingga nilai penghitungan dari anemometer akan di konfersi menjadi kecepatan angin berdasarkan jumlah hitungan putaran.

## 2.7. 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 (Gambar 8).




Gambar 8. 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 elekromagnetik 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).

Penelitian mengenai penerapan *Internet of Things* (IoT) untuk sistem transmisi data pada pengukuran cuaca belum pernah dilakuakan.

## 2.8. Panel Surya

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Mereka disebut surya atau matahari atau "sol" karena matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel *photovoltaic*, *photovoltaic* dapat diartikan sebagai "cahaya listrik". Sel surya bergantung pada efek *photovoltaic* untuk menyerap energi. Pada umumnya, solar cell merupakan sebuah hamparan semi konduktor yang dapat menyerap photon dari sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik.

Sel surya tersebut dari potongan silikon yang sangat kecil dengan dilapisi bahan kimia khusus untuk membentuk dasar dari sel surya. Sel surya pada umumnya memiliki ketebalan minimum 0,3 mm yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub positif dan negatif. Pada sel surya terdapat sambungan (*function*) antara dua lapisan tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor yang masing - masing yang diketahui sebagai semikonduktor jenis “P” (positif) dan semikonduktor jenis “N” (Negatif). Silikon jenis P merupakan lapisan permukaan yang dibuat sangat tipis supaya cahaya matahari dapat menembus langsung mencapai *junction*. Bagian P ini diberi lapisan nikel yang berbentuk cincin, sebagai terminal keluaran positif. Dibawah bagian P terdapat bagian jenis N yang dilapisi dengan nikel juga sebagai terminal keluaran negatif.

Pengkonversian sinar matahari menjadi listrik dengan panel *photovoltaic* , kebanyakan menggunakan Poly Cristallyne Sillicon sebagai material semikonduktor photo cell mereka. Prinsipnya sama dengan prinsip dioda p-n. Gambar di bawah ini mengilustrasikan prinsip kerja *photovoltaic* panel.

Secara sederhana, proses pembentukan gaya gerak listrik pada sebuah sel surya adalah sebagai berikut:

1) Foton dari cahaya matahari menumbuk panel surya kemudian diserap oleh material semikonduktor seperti silikon.
2) Elektron (muatan negatif) terlempar keluar dari atomnya, sehingga mengalir melalui material semikonduktor untuk menghasilkan listrik. Muatan positif yang disebut hole (lubang) mengalir dengan arah yang berlawanan dengan elektron pada panel surya silikon.
3) Gabungan/susunan beberapa panel surya mengubah energi surya menjadi sumber daya listrik DC yang nantinya akan disimpan dalam suatu wadah yang dinamakan baterai.
4) Daya listrik DC tidak dapat langsung digunakan pada rangkaian listrik rumah atau bangunan sehingga harus mengubah daya listriknya dengan daya listrik AC. Dengan menggunakan konverter inilah maka daya listrik DC dapat berubah menjadi daya listrik AC sehingga sekarang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik.

Penelitian ini dilakukan dengan merujuk penelitian penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Beberapa penelitian sebelumnya yang memiliki relefansi dengan penelitian ini disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Penelitian Sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini

| No | Nama | Judul | Metode | Kesimpulan |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Dewi 2007 | Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Kecepatan Angin pada Sistem Klimatologi Menggunakan Mikrokontroler AT89S51 | Alat ini menggunakan 4 buah sensor yang mempunyai fungsi dan tugas yang berbedabeda. Sensor suhu menggunakan LM 35 yang bekerja dengan cara mengubah parameter suhu menjadi tegangan Sebagai sensor kelembaban digunakan IC HS15P yang bekerja mengubah parameter kelembaban menjadi bentuk tegangan. Untuk menentukan arah dan kecepatan angin digunakan optokopler. | Setiap pembacaan dapat disimpan dalam media penyimpanan dengan tampilan MS-Excel. Software interface juga dilengkapi dengan penunjuk waktu dan grafik. |
| 2. | Putra 2017 | Rancang Bangun Alat Pengukur Curah Hujan Tipe Tipping Bucketotomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan Internet Of Things (Iot) | Pengiriman data curah hujan menuju unternet menggunakan metode *WEB client* dengan mengirim data dari mikrokontroler menuju google form melalui perantara API pushingbox. | Transmisi data telah berjalan dengan baik,yaitu menggunaakan metode *web client* dan koneksi DCHP. |
| 3. | Handayani dkk | Prototipe Deteksi | Sensor | Alat seperti |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2017 | Curah Hujan dan Sistem Informasi Berbasis pada ESP8266 di BMKG Klimatologi Geofisika Klas I Tanggerang | ketinggian air dan sensor suhu akan menginput data air hujan yang masuk kedalam wadah penampung dan suhu lalu diproses oleh Wemos D1 mini setelah diproses, Wemos D1 mini mengirimkan data supaya relay mengaktifkan Micro Water Pump untuk membuang air yang berada di wadah penampung dan data disajikan kepada masyarakat melalui Web Ubidots. | Prototype Rainfall Detection And Information System Base On ESP8266 dapat digunakan agar petugas maupun masyarakat tidak perlu menebak-nebak apakah sedang terjadi hujan atau tidak di suatu tempat/wilayah tertentu. |
| 4. | Hasiholan dkk., 2018 | Implementasi Konsep Internet of Things pada Sistem Monitoring Banjir menggunakan Protokol MQTT | Menerapkan konsep publish/subscribe menggunakan protokol MQTT, Perangkat yang dijadikan publisher adalah mikrokomputer Raspberry Pi yang tersambung ke sensor ultrasonik | Kemampuan sistem menangani publisher memiliki tingkat keberhasilan rata-rata diatas 99 %.. |
| 5. | Regy dkk 2018 | Sistem Informasi Profil Pos Stasiun Klimatologi Wilayah Layanan Jawa Barat Berbasis WEBGIS | Pembangunan Web GIS menggunakan model *waterfall*, yang bersifat sistematis, berurutan dalam membangun | Aplikasi berfungsi untuk memetakan informasi berdasarkan pos-pos stasiun klimatologi. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | software. Data didapat dari Badan Meteorologi Klimatologi Geofisika (BMKG) kemudian ditampilkand dalam bentuk Web GIS | |
| 6. | Subyantara dkk., 2018 | Penggunaan MQTT Sebagai Optimasi Pengiriman Data Aaws Sebagai Sarana Sekolah Lapang Iklim Berbasis Internet Of Things (Iot) | Perancangan menggunakan protokol MQTT. Data dipublikasikan oleh mikrokontroler ke MQTT Broker dengan mentransmisikan data melalui proses subscribe topik oleh user. | Kecepatan transmisi data menggunakan protokol MQTT lebih tinggi dibanding HTTP. |
| 7. | Ariffudin dan musa, 2019 | Implementation of MQTT Protocol for Automatic Weather Station Based on Internet of Things | MQTT menggunakan prinsip dari *Publish-subscribe* untuk berinteraksi, yang digunakan karena menghemat energi dan beban pengiriman protocol. MQTT cocok digunakan untuk transmisi data aplikasi atau sistem monitor untuk Automatic Weather Station (AWS). | pengiriman data dari perangkat AWS ke brokers dan pendistribusian data AWS dengan IoT MQTT dibandingkan dengan protocol sebelumnya menyatakan bahwa pengguna mendapatkan data dengan mudah dan real-time seperti yang dibutuhkan sesuai konsep |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | pendekatan dari Internet of Things. |
| 8. | Iqbal dkk, 2019 | Rancang Bangun Sistem Pengukuran Suhu dan Kelembaban Udara Menggunakan Sensor SHT75 Berbasis Internet of Things dengan Display Smartphone | Alat ukur dibangun dari sensor modul SHT75 sebagai sensor suhu dan kelembaban, dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang dapat mengakses jaringan internet, kemudian data dikirim ke server ThingSpeak. | Ketepatan alat ukur untuk suhu udara sebesar 98,89% dan untuk kelembaban udara sebesar 99,41%. |

# III. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

## 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai dengan November 2019. Perancangan prototipe stasiun dilakuakan di Laboratorium Daya, Alat dan Mesin Pertanian (DAMP) dan pengujian dilakukan di stasiun klimatologi Laboratorium Lapang Terpadu (LTPD), Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

## 3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *digital instrument* merk Lutron tipe LM-8010, *breadboard*, laptop, *software* arduino versi 1.8.10, *software browser*, solder listrik, gergaji besi, las listrik, bor tangan, tang potong, meteran, gerinda tangan, obeng, alat tulis dan kamera.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Mikrokotroler* ATmega2560, *Arduino Ethernet Shield* W5100, Modem GSM, *Simcard* GSM , Kabel RJ-45, *Router* merk *TP Link, Terminal Block,* Timah, Elektroda, kabel *Jumper,* kabel pelangi, *USB Connector*, LCD 2x16 dan 4x20, I2C, *real time clock* (RTC) DS3231, *Micro* SD *card 4 GB*, Modul mikro SD *card*, sensor anemometer, sensor ultrasonik HC-SR04 , sensor intensitas cahaya GY-30, sensor suhu dan

kelembapan DHT22, sensor kelengasan tanah, sensor suhu air DS18B20, alat ukur curah hujan tipe *tipping bucket* otomatis, akrilik, *panel box,* besi silender, panel surya 10 WP, baterai 12V dan *solar charge controller*.

### 3.3. Kriteria Desain

Prototipe stasiun klimatologi yang terintegrasi dengan IoT, dirancang untuk dapat merekam dan mengirim data cuaca yaitu suhu dan kelembapan udara, intensitas cahaya matahari, volume curah hujan, kelengasan tanah, kecepatan angin, evaporasi, dan suhu permukaan air setiap 20 menit, dengan data yang terkirim sebanyak 1 sampai 3 kali pengiriman. Nilai akurasi data yang terekam di mikro SD dan terkirim ke website yaitu lebih dari 90%. Data yang terbaca oleh sensor-sensor diproses melalui mikrokontroler dan data tersebut dikirim menuju *Google Spreadsheet* melalui *Google Form*. Data yang ditampilkan oleh *google spreadsheet* dapat dilihat oleh *User* menggunakan perangkat lunak browser menuliskan alamat *website* yang telah ditentukan. Energi yang dihasilkan oleh panel surya lebih besar atau mampu memenuhi kebutuhan energi listrik pada stasiun klimatologi ini.

### 3.4. Prosedur Penelitian

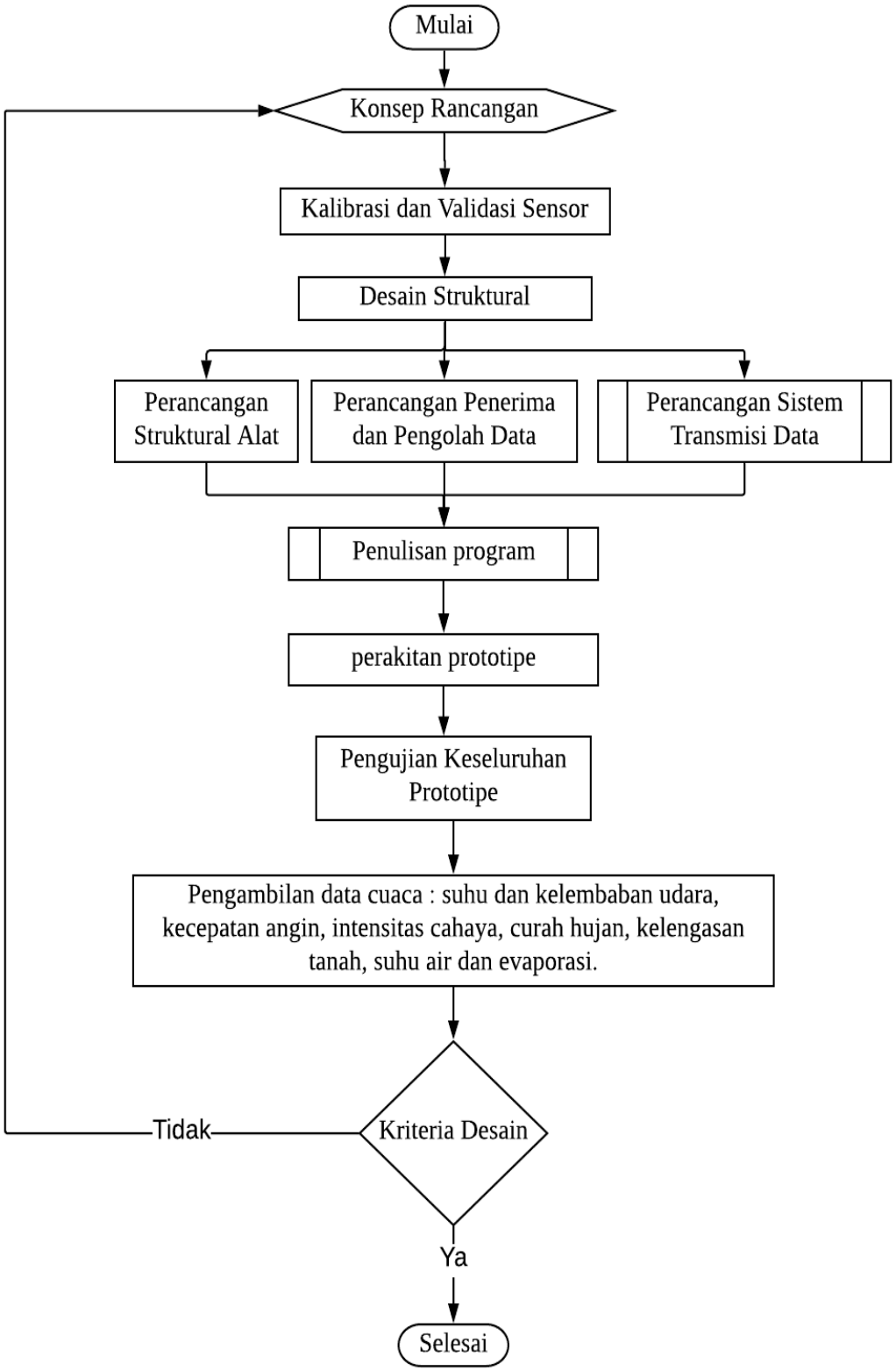
Pelaksanaan penelitian ini dimulai dengan mengonsep rancangan prototipe, kalibrasi dan validasi sensor, desain struktural, desain fungsional, pengujian sistem kerja dan pengujian sistem transmisi data. Desain struktural adalah tahap perancangan alat secara keseluruhan dan desain fungsional adalah penjelasan

tentang fungsi dari setiap komponen yang digunakan pada perancangan prototipe. Setelah melalui tahap desain,. Tahap akhir yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu pengujian prototipe secara keseluruhan. Diagram prosedur penelitian dari proses perancangan hingga tahap pengujian dapat dilihat pada Gambar 9.

### 3.5. Perancangan Alat

Perancangan alat pada penelitian ini merupakan tahapan perakitan seluruh komponen berdasarkan konsep perancangan hingga menjadi alat yang utuh dan siap untuk diuji. Pada proses perancangan ini, dibagi menjadi dua tahapan yaitu perancangan perangkat keras, kemudian dilanjutkan dengan perancangan perangkat lunak, dan integrasi antara perangkat keras dan lunak . Terdapat dua jenis proses perancangan, yaitu desain struktural dan desain fungsional.

Pada rangkaian dari stasiun klimatologi ini, mikrokontroler bereran sebagai pusat kerja stasiun. Seluruh sensor dan alat pendukung lainnya terhubung langsung kepada mikrokontrolwe Arduino mega2560, dengan daya yang disediakan oleh baterai. Skematik rangkaian sistem pada stasiun klimatologo terintegrasi dengan IoT ini dapat dilihat pada Gambar 51.




Gambar 9. Diagram prosedur penelitian

### 3.6. Desain Fungsional

Desain fungsional merupakan salah satu tahapan perancangan alat yang menjelaskan fungsi dari setiap komponen yang dirancang pada alat. Pada penelitian ini dirancang prototipe stasiun klimatologi yang berfungsi membaca, merekam, menyimpan secara akurat dan aman dan menampilkan data cuaca melalui website secara *realtime* dengan menggunakan komponen elektronika. Cuaca yang terbaca dilakukan oleh komponen elektronika berupa sensor yang bekerja sesuai fungsinya yaitu sensor *optocoupler* pada pengukur curah hujan dan kecepatan angin, sensor ultrasonik HC-SR04 pada pembaca evaporasi, sensor intensitas cahaya GY-30, sensor suhu dan kelembapan DHT22, sensor kelengasan tanah dan sensor suhu air DS18B20. Komponen elektronika lainnya yaitu *mikrokontroler* ATmega2560, *Arduino Ethernet Shield*, *Real Time Clock* (RTC), *Liquid Crystal Display* (LCD), SD *Card* dan Modul SD *Card*, *router* TP-Link, modem GSM , baterai 12v, dan panel surya.

#### 3.6.1. Sensor

Salah satu fungsi sensor sebagai alat instrumen otomatis, dapat mengukur segala sesuatu yang terukur. Pada penelitian ini sensor digunakan sebagai alat ukur cuaca yang bekerja secara akurat danterhubung dengan mikrokontroler Arduino Mega2560.

1) Sensor *Optocoupler*

Sensor *optocoupler* pada rancangan ini berfungsi sebagai penghitung volume curah hujan dan kecepatan angin. *optocoupler* bekerja berdasarkan gerakan *tipping* pada pengukur curah hujan dan kecepatan angin.

a) *Optocoupler* pada Pengukur Curah Hujan

Pengukur curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu alat ukur curah hujan tipe *tipping bucket* otomatis (Putra, 2017). *Outocopler* pada alat ini berfungsi sebagai sensor dengan menghitung pergerakan pada *bucket.* Pada saat *bucket* salah satu sisi penuh, maka akan bergerak kebawah untuk membuang air yang tertampung. Pada pergerakan pembuangan air pias ikut bergerak dan memicu *optocoupler* bekerja dengan menghitung dan merekam data yang akan diteruskan ke *microkontroler.*

b) *Optocoupler* pada pengukur kecepatan angin

Pada pengukuran kecepatan angin menggunakan sensor *optocopler* sebagai alat pengukurnya. Pada alat ini *Optocopler* menghitung pergerakan dari baling-baling (anemometer) yang bergerak akibat hembusan angin, yang dibaca melalui pergerakan piringan berlubang diantara muka *optocopler.* Piringan berlubang dan anemometer terhubung langsung dan bergerak secara bersamaan. Semakin kencang pergerakan angin makan akan membuat anemometer bergerak dengan cepat pada kurun waktu tertentu.

2) Sensor ultrasonik HC-SR04

Pembacaan pada sensor ultrasonik HC-SR04 ini digunakan untuk mengukur ketinggian air atau evaporasi pada panci terbuka di stasiun cuaca. Sensor

ultrasonik membaca ketinggian air berdasarkan jarak antara sensor ke air dan saat terjadi evaporasi atau penguapan air maka jarak dari sensor dan air akan semakin jauh.

3) Sensor Intensitas Cahaya GY-30

Pembacaan nilai intensitas cahaya menggunakan modul sensor GY-302 yang mengirimkan data intensitas cahaya kepada mikrokontoler dalam bentuk digital. Sensor GY-30 berfungsi untuk melengkapi data cuaca yang dibutuhkan oleh stasiun klimatologi.

4) Sensor Suhu dan Kelembapan DHT22

Sensor DHT22 membaca angka suhu dan kelembapan udara di lingkungan sekitaran sensor. Data suhu dan kelembapan yang dibaca oleh sensor DHT22 akan langsung diubah menjadi sinyal digital sebelum dikirim ke mikrokontroler.

5) Sensor Kelengasan Tanah

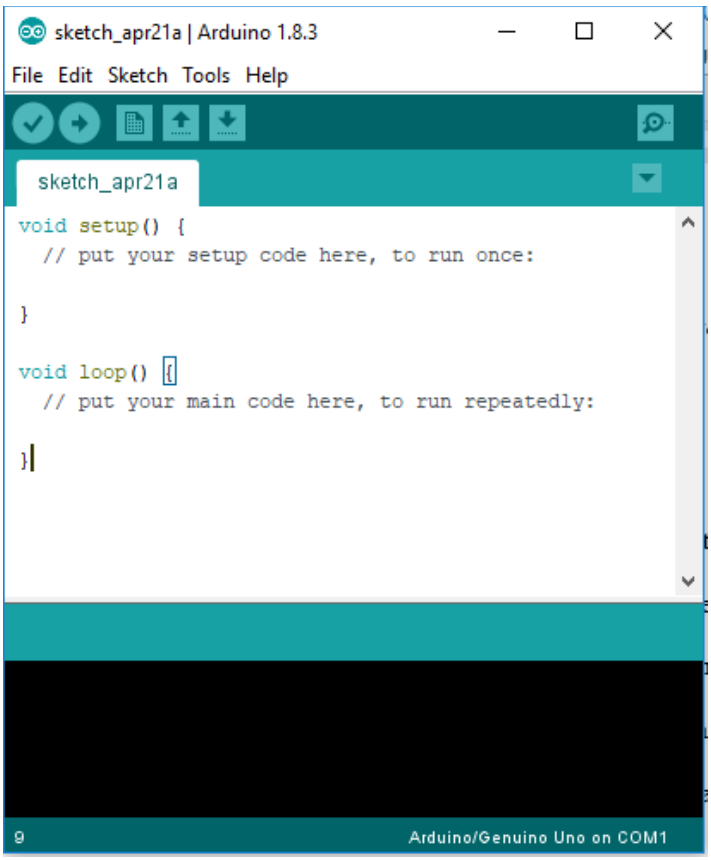
Sensor ini bekerja dengan cara mengukur konduksi tanah. Informasi kelengasan tanah dari stasiun klimatologi sangat dibutuhkan khususnya dibidang pertanian. Sensor kelengasan tanah yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan probe dan modul FC-28.

6) Sensor Suhu air DS18B20

Penggunaan sensor DS18B20 pada pengukuran suhu permukaan air dipilih karena sensor DS18B20 bersifat *waterproof* dan ringan. Sensor DS18B20 dapat mengukur suhu dalam air dari -55$^{o}$C sampai 125$^{o}$C.

### 3.6.2. Mikrokontroler Arduino mega2560

Pada penelitian ini *mikrokontroler* ATmega2560 berfungsi sebagai pusat dari alat. *Mikrokontroler* ATmega2560 berperan sebagai otak yang mengendalikan seluruh rangkaian alat mulai penerimaan sinyal dari sensor, mengolahnya, mengirimkan kepada LCD, menyimpan pada SD card dan mengirimnya hingga web. *Mikrokontroler Arduino* mega2560 deprogram menggunakan *software* arduino, jendela perangkat arduino dapat dilihat pada Gambar 10. Program yang ditulis pada *software* arduino, berdasarkan logika perintah yang dibutuhkan sesuai kriteria desain yang telah ditentukan.

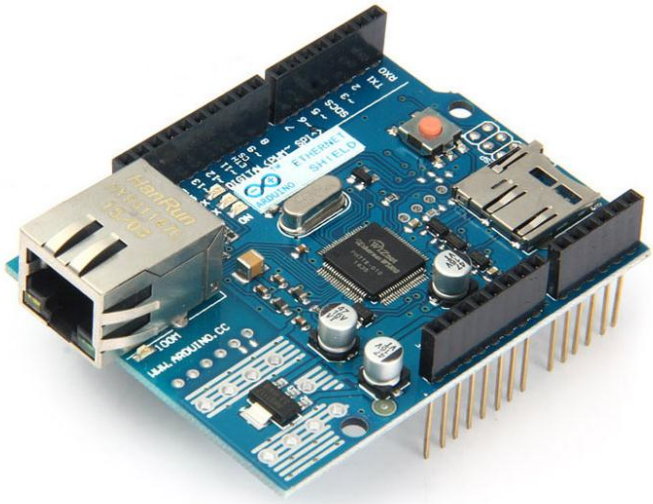



Gambar 10. Tampilan jendela *software* arduino versi 1.8.3

### 3.6.3. Arduino *Ethernet Shield*

*Arduino Ethernet Shield* dalam prototipe stasiun klimatologi ini berfungsi untuk menghubungkan mikrokontroler pada koneksi internet yaitu *router* dan *modem*. Data yang dikirimkan menuju internet menggunakan bantuan *router* dan *modem*. *Modem* akan dihubungkan langsung dengan *router* dan *router* dihubungkan dengan *Arduino Ethernet Shield* menggunakan kabel RJ-45.

Pada *Arduino Ethernet Shield* sudah terdapat *slot* SD *card* yang akan dipasang SD *card* berukuran 4 GB. Tujuan dari pemasangan SD *card* dalam penelitian ini yaitu untuk menyimpan data yang terbaca oleh sensor setiap 20 menit sebanyak 1 sampai 3 kali. Data yang tersimpan pada SD *card* merupakan data cadangan jika terjadi kesalahan pada sistem transmisi data menuju ke internet. Gambar *Arduino Ethernet Shield* ditunjukan pada Gambar 11.



Gambar 11. Arduino *Ethernet Shield*

### 3.6.4. *Real Time Clock* (RTC)

Pada penelitian ini RTC berperan seperti jam yang memberi informasi waktu pada setiap pengiriman data yang diolah oleh mikrokontroler. Data yang dikirim dari sensor kepada mikrokontroler akan melihat informasi waktu dari RTC sehingga data yang dikirimkan memiliki rentang waktu sesuai yang diperintahkan. Pada penelitian ini informasi waktu yang dibutuhkan yaitu data dari seluruh pembacaan sensor setiap 20 menit, dengan data yang terkirim sebanyak 1 sampai 3 kali pengiriman, sehingga data yang didapat merupakan data yang *realtime.* RTC ditampilkan pada Gambar 12.

Gambar 12. Real Time Clock

### 3.6.5. *Liquid Crystal Display* (LCD)

*Liquid Crystal Display* (LCD) berfungsi untuk menampilkan pembacaan setiap sensor yang telah diolah oleh mikrokontroler. Data cuaca yang telah dibaca dikirim kepada LCD terlebih dahulu sebelum dikirim menuju web. Data yang ditampilkan oleh LCD merupakan data cuaca tiap. Gambar LCD ditunjukan pada Gambar 13.

Gambar 13. *Liquid Crystal Display* (LCD)

### 3.6.6. *Router* dan Modem GSM

Penggunaan router berfungsi sebagai media penghubung mikrokontroler dan jaringan internet yang disediakan oleh modem. Pada *Router* terdapat slot input kabel LAN yang akan dihubungkan dengan *Arduino Ethernet shield*. *Router* pun berfungsi sebagai penguat sinyal untuk modem GSM itu sendiri. Modem GSM sebagai penyedia jaringan internet menggunakan SIM card dengan kcepatan internet 4G.

### 3.6.7. Panel Surya, Baterai dan *Solar Charger Controller*

Pada keseluruhan perangkat keras dari prototipe stasiun klimatologi ini membutuhkan suplay energi listrik. Fungsi panel surya disini yaitu untuk menyerap energi matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik yang selanjutnya disimpan oleh baterai. Penyimpanan energi listrik dari panel surya ke baterai menggunakan *solar charger controller* sebagai perantara pengisian baterai. *Solar charger controller* juga dapat mengontrol perpindahan energi dari baterai sehingga tidak boros energi. Baterai yang digunakan yaitu baterai DC

dengan kapasitas 12 v dan panel surya yang digunakan berkapasitas 10 wattpeak (WP). Perangkat keras yang membutuhkan suplay energi rendah sangat cocok mendapatkan energi dari baterai karena tidak perlu menggunakan hambatan pada jaringan listriknya. Penggunaan panel surya dan baterai pun dapat mempermudah menggunaan dan pemasangan prototipe stasiun klimatologi.

### 3.7. Kalibrasi dan Validasi Sensor

Pada tahapan kalibrasi bertujuan untuk penentuan nilai yang dikeluarkan oleh alat dengan cara membandingkan dengan nilai keluaran dari alat ukur standar dan tersertifikat. Pada prototipe ini kalibrasi dilakukan pada sensor DHT 22, sensor GY-30, sensor kecepatan angin, sensor ultrasonik HC-SR04, sensor DS18B20 dan sensor kelengasan tanah. Pada alat pengukur curah hujan angka kalibrasi menggunakan hasil penelitian Putra (2017). Alat yang digunakan untuk kalibrasi dan validasi sesor dht22, kecepatan angin, intensitas cahaya yaitu instrumen digital merek Lutron tipe LM-8010.

Pengkalibrasian dilakukan dengan cara membandingkan kerja sensor dengan kalibrator secara bersamaan pada keadaan yang berbeda dan dikontrol. Selanjutnya nilai yang ditunjukkan oleh sensor dan kalibrator saat pengukian dimasukkan dalam tabel dalam microsoft excel dan dibuat dalam grafik regresi untuk mendapat rumus nilai X. Persamaan yang didapat dari grafik seperti pada persamaan (3.1)

$f(x)= ax \pm b$……. (3.1).

Nilai X yang didapat dari grafik regresi lalu dimasukkan kedalam program sensor pada *software* Arduino IDE yang selanjutnya di*upload* ke mikrokontroler ATmega2560 dengan nilai seperti persamaan (3.2)

$$x = \frac{y \pm b}{a} \quad \text{.....(3.2)}$$

Nilai sensor yang telah dimasukkan persamaan 2 selanjutnya dibandingkan kembali dengan validator dan dilihat nilai nya untuk mendapatkan nilai *Root Square Mean Square Error* (RMSE) dari sensor yang digunakan. Berikut persamaan RMSE yang digunakan :

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} (O_i - P_i)^2} \quad \text{.....(3.3)}$$

$$\text{RRMSE} = \frac{\left[n^{-1} \sum_{i=1}^{n} (x-y)^2\right]^{1/2}}{\frac{1}{n}\sum y} \quad \text{.....(3.4)}$$

Keterangan :

n = Jumlah data

$O_i$ = Nilai observasi ke I

$P_i$ = Nilai prediksi ke i

x = data sumbu x

y = data sumbu y

a) Kalibrasi dan validasi sensor DHT22

Pada kalibrasi sensor DHT22 menggunakan kalibrator pembacaan suhu pada instrumen digital merek Lutron tipe LM-8010. Sensor DHT dan kalibrator diletakkan dalam satu ruangan tertutup berukuran 30cm x 20cm x 20cm dengan suhu yang dikontrol. Pengontrolan suhu dilakukan sebanyak 28 kali dari suhu 15$^{o}$C hingga 40 $^{o}$C. Pada kalibrasi kelembapan nilai pembacaan pada sensor dan kalibrator tidak dikontrol mengikuti pembacaan suhu sebanyak 26 kali. Lalu dilakukan validasi pada nilai pembacaan suhu dan kelembababn menggunakan

validator yang sama dengan kalibrator. Validasi dilakukan sebanyak 26 kali dengan pengontrolan dan nilai pembacaan secara acak. Selanjutnya ditentukan nilai RMSE nya.

b) Kalibrasi dan validasi sensor GY-30

Sensor GY-30 dikalibrasi dengan menggunakan kalibrator instrument digital pada pembacaan intensitas cahaya. Sensor dan kalibrator diletakkan dalam ruangan yang sama seperti pada kalibrasi sensor DHT22 dan dikontrol cahaya yang memasuki ruangan tersebut. Kalibrasi dilakukan dengan melihat nilai pada instrument digital pada nilai tertentu dan dicatat secara bersamaan dengan pembacaan oleh sensor. Nilai yang dibaca dalam kalibrasi ini sebanyak 17 kali pada nilai intensitas : 5 lux, 11 lux, 43 lux, 89 lux, 97 lux, 120 lux, 181 lux, 213 lux, 255 lux, 352 lux, 460 lux, 662 lux, 752 lux, 823 lux, 940 lux, 1087 lux dan 1260 lux. Validasi dilakukan sebanyak 17 kali dengan pengontrolan dan nilai pembacaan secara acak. Selanjutnya ditentukan nilai RMSE nya.

c) Kalibrasi dan validasi sensor kecepatan angin

Sensor kecepatan angin dikalibrasi dengan menggunakan kalibrator instrumen digital pada pembacaan Kecepatan angin dengan satuan m/s. Sensor dan kalibrator diposisikan sejajar sehingga memungkinkan mendapat hembusan angin yang sama. Kalibrasi dilakukan dengan melihat nilai pada instrument digital pada saat kecepatan angin tertentu dan berubah lalu dicatat secara bersamaan dengan nilai yang dibaca oleh sensor. Nilai yang dibaca dalam kalibrasi ini sebanyak 6 kali. Validasi dilakukan sebanyak 6 kali dengan pengontrolan dan nilai pembacaan secara acak. Selanjutnya ditentukan nilai RMSE nya.

d) Kalibrasi dan validasi sensor DS18B20

Pada kalibrasi sensor suhu air DS18B20 dikalibrasi menggunakan kalibrator termometer raksa. Kalibrasi dilakukan di dalam air dengan suhu yang dikontrol. Kalibrator dan sensor diletakkan di dalam gelas yang sama, pada suhu air 80$^{o}$C. kemudian diamati nilai yang ditunjuukkan oleh sensor dan kalibrator secara bersamaan. Pencatatan nilai yang terbaca pada proses kalibrasi dan validasi ini yatu pada suhu 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75 dan 80 derajat *celcius.*

e) Kalibrasi dan validasi sensor kelengasan tanah

Kalibrasi pada sensor kelengasan tanah dilakukan dengan membandingkan variasi suhu tiap kadar lengas. Kalibrator pada proses kalibrasi ini yaitu nilai kadar lengas atau kadar air basis kering pada tanah. Untuk mendapat nilai tersebut dilakukan penghitungan kadar air pada 10 sampel yang dimungkinkan memiliki tingkat kadar lengas yang berbeda dengan mengoven selama 24 jam pada suhu 105$^{o}$C. Sampel yang di oven dihitung kadar air basis kering (KAT)-nya dengan persamaan (3.3) berikut :

$$KAT = \frac{(Berat\ tanah\ awal + cawan) - (Berat\ tanah\ keting + cawan)}{Berat\ tanah\ kering + Cawan} X\ 100\% \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3.5)$$

Nilai KAT dalam bentuk persen (%) pada sampel tanah dijadikan acuan nilai pada kalibrasi. Sedangkan pada sensor akan dilakukan pembacaan nilai kelengasan tanah pada sampel yang sama yang belum di oven. Pembacaan sensor pada tanah mengeluarkan angka dalam bentuk *Analog to Digital Converter* (ADC). Nilai pembacaan tanah dari sensor yang berbentuk ADC dan nilai sampel tanah yang

berbentuk KAT basis kering, akan dibandingkan untuk mendapatkan nilai regresinya. Lalu nilai regresi yang didapatkan dimasukkan dalam program Arduino IDE untuk proses validasi. Nilai validasi yang didapatkan dari analisis KAT basis kering (%) dibandingkan dengan nilai yang dibaca sensor (%), lalu akan ditentukan nilai RMSE nya.

f) Kalibrasi dan validasi sensor Ultrasonik HC-SR04

Pada sensor ultrasonik HC-SR04 dikalibrasi menggunakan penggaris ukur panjang. Hal ini dikarenakan sensor ultrasonik sebagai alat ukur pengukur tinggi air pada nilai evaporasi. Kalibrasi dilakukan dengan cara menghadapkan sensor kepada dinding rata dengan jarak 2 cm, 2,5 cm, 3 cm, 3,5 cm, 4 cm, 4,5 cm, 5 cm, 5,5 cm, 6 cm, 6,5 cm, 7 cm, 7,5 cm dan 8 cm. Jarak-jarak tersebut ditentukan berdasarkan penggaris yang digunakan sebagai kalibrator. Nilai yang dibaca oleh sensor, akan dibandingkan dengan jarak yang telah ditentukan oleh penggaris. Lalu dari nilai tersebut dilakukan analisis regresi dan dilakukan validasi. Nilai validasi yang didapatkan dilanjutkan dengan menguji nilai RMSE sensor ini.

## 3.8. Desain Struktural

Desain struktural merupakan tahapan dari perancangan prototipe untuk memberikan gambaran keseluruhan pembuatan prototipe. Pada desain struktural dilakukan perancangan perangkat keras, yaitu bagian struktur alat pengukur cuaca dari sensor, bagian penerima dan pengolah data, bagian sistem transmisi data dan penyuplai energi dalam hal ini menggunakan baterai DC yang di cas dari solar sell. Prototipe stasiun klimatologi ini dirancang untuk dapat mengukur membaca

suhu dan kelembapan udara, intensitas cahaya matahari, volume curah hujan, kelengasan tanah, kecepatan angin, evaporasi, dan suhu permukaan air secara otomatis. Data yang telah dibaca kemudian ditampilkan pada laman *website* yang telah ditentukan. Keseluruhan alat mengunakan energi listrik dari cahaya matahari.

### 3.8.1. Struktur Prototipe Stasiun Klimatologi

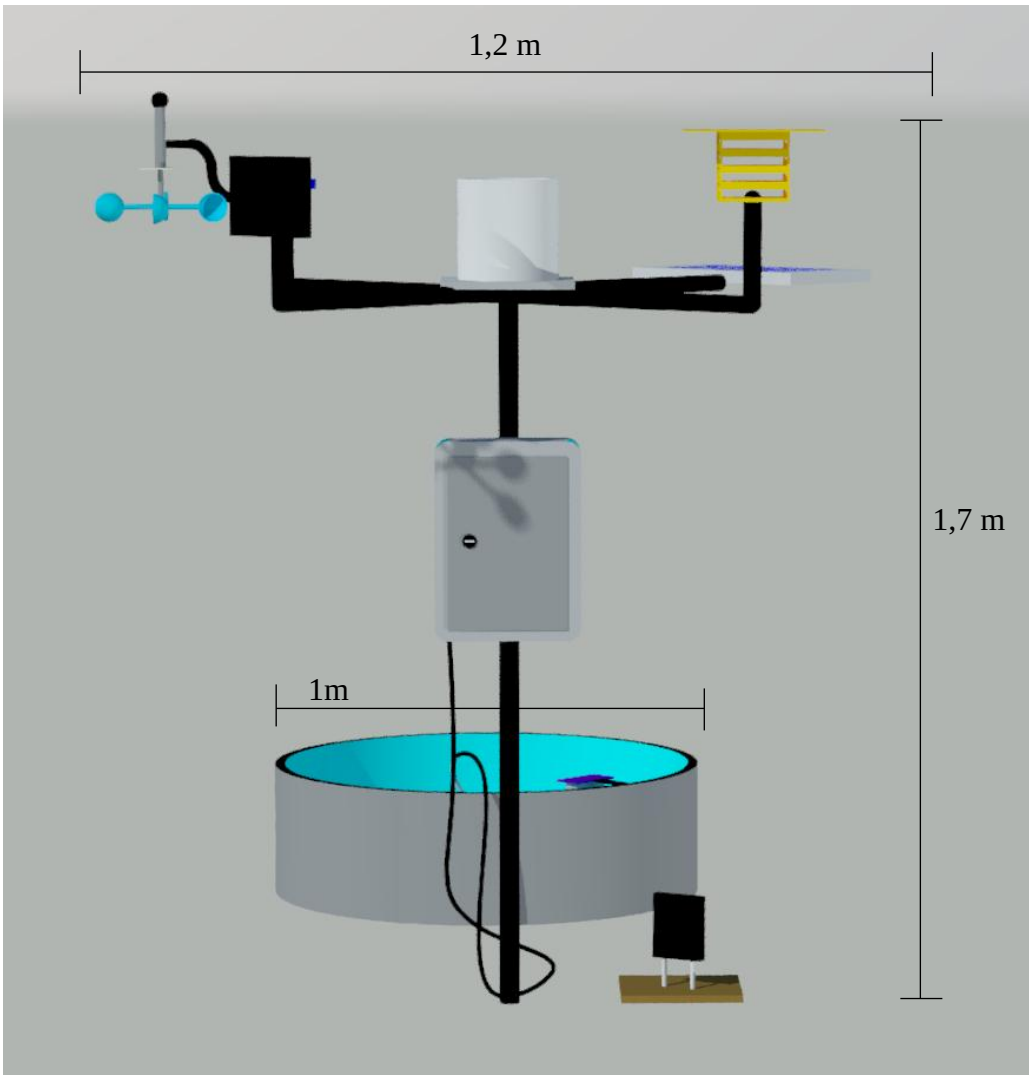
Pembacaan cuaca pada protitipe stasiun klimatologi ini menggunakan sensor-sensor yaitu sensor suhu dan kelembapan (DHT22), sensor intensitas cahaya (GY-30), sensor kelengasan tanah, sensor anemometer, pengukur curah hujan, sensor suhu air (DS18B20), sensor evaporasi (HC-SR04*)*. Pada pengukur curah hujan menggunakan alat ukur curah hujan tipe *tipping bucket* Putra (2017) yang menggunakan sensor *optocoupler*. Desain rancangan alat dapat dilihat pada Gambar 14 dan Gambar 15.

### 3.8.2. Penerima dan Pengolahan Data

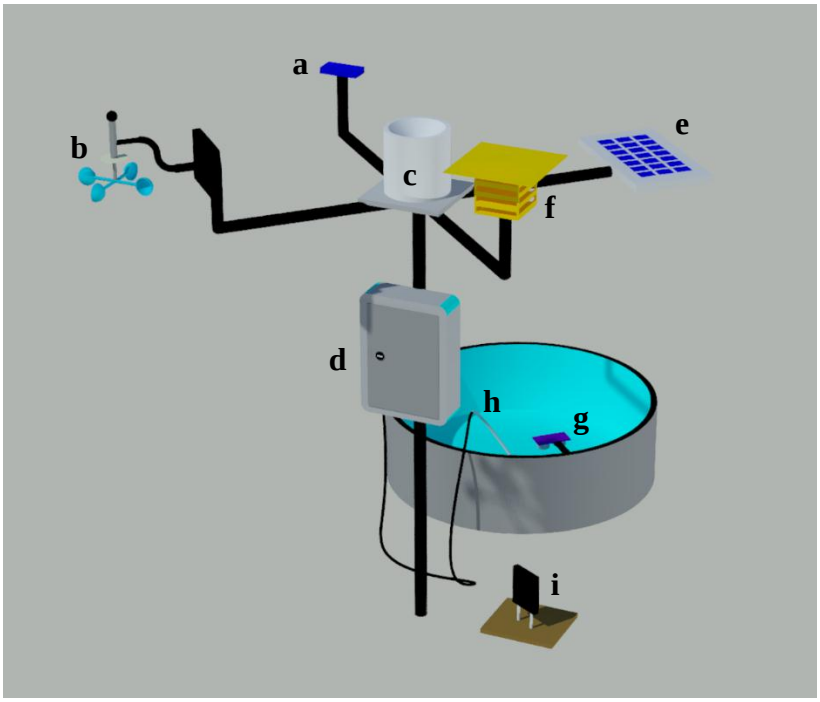
Data yang diterima didapatkan dari sensor anemometer, sensor ultrasonik HC-SR04 , sensor intensitas cahaya GY-302, sensor suhu dan kelembapan DHT22, sensor kelengasan tanah, sensor suhu air DS18B20, *water level sensor,* alat ukur curah hujan tipe *tipping bucket* otomatis. Sensor-sensor dihubungkan kepada mikrokontroler sebagai input data.

Pada bagian pengolahan data, data diolah oleh *mikrokontroler* didapatkan dari sensor-sensor yang membaca secara otomatis. Pada bagian ini pula

mikrokontroler bekerja menggunakan *real time clock* (RTC) yang berperan sebagai pencatat waktu.




Gambar 14. Desain prototipe stasiun klimatologi tampak depan




Keterangan :

a. Sensor intensitas cahaya
b. Sensor kecepatan angin
c. Sensor curah hujan
d. Kotak panel
e. Panel Surya
f. Sensor suhu dna kelembapan udara
g. Sensor evaporasi
h. Sensor suhu air
i. Sensor kelengasan tanah

Gambar 15. Desain prototipe stasiun klimatologi tampak *isometri*

### 3.8.3. Sistem Transmisi Data

Data yang telah diterima oleh *mikrokontroler* akan diproses untuk ditampilkan pada LCD (*Licquid Crystal Display).* Selanjutnya data akan dikirim melalui *Arduino Ethernet Shield* yang telah dihubungkan dengan Router serta modem 3G yang terpasang *simcard* GSM. Data dari *Arduino Ethernet Shield* lalu dikirim menuju *Google Spreadsheet* melalui *Google Form* dengan menggunakan metode

GET *http reques*. Tiap data yang telah masuk pada *Google Spreadsheet* akan disimpan pada *Google Drive* dalam bentuk format .xls. File *Google Spreadsheet* akan ditampilkan di *website* dengan menggunakan metode *embed*. *User* dapat melihat data dari laman stasiun klimatologi dari perangkat komputer atau *smartphone* yang terhubung dengan internet. *User* hanya memasukkan laman alamat *website* pada kolom *addres bar* aplikasi *browser* yang tersedia di perangkat tersebut. Data yang terlihat dilaman tersebut berupa nilai (value) dalam bentuk tabel. Diagram alir sistem transmisi data dapat dilihat pada Gambar 16 .

Perangkat keras yang berfungsi menerima, mengolah dan mengirim data saling terhubung pada *mainboard* yang yang diletakkan pada kotak akrilik bersamaan dengan mikrokontroler dan lain lainnya. Perangkat keras sistem transmisi mendapatkan energi listrik dari baterai yang diisi oleh solar sell dengan sumber energi matahari.

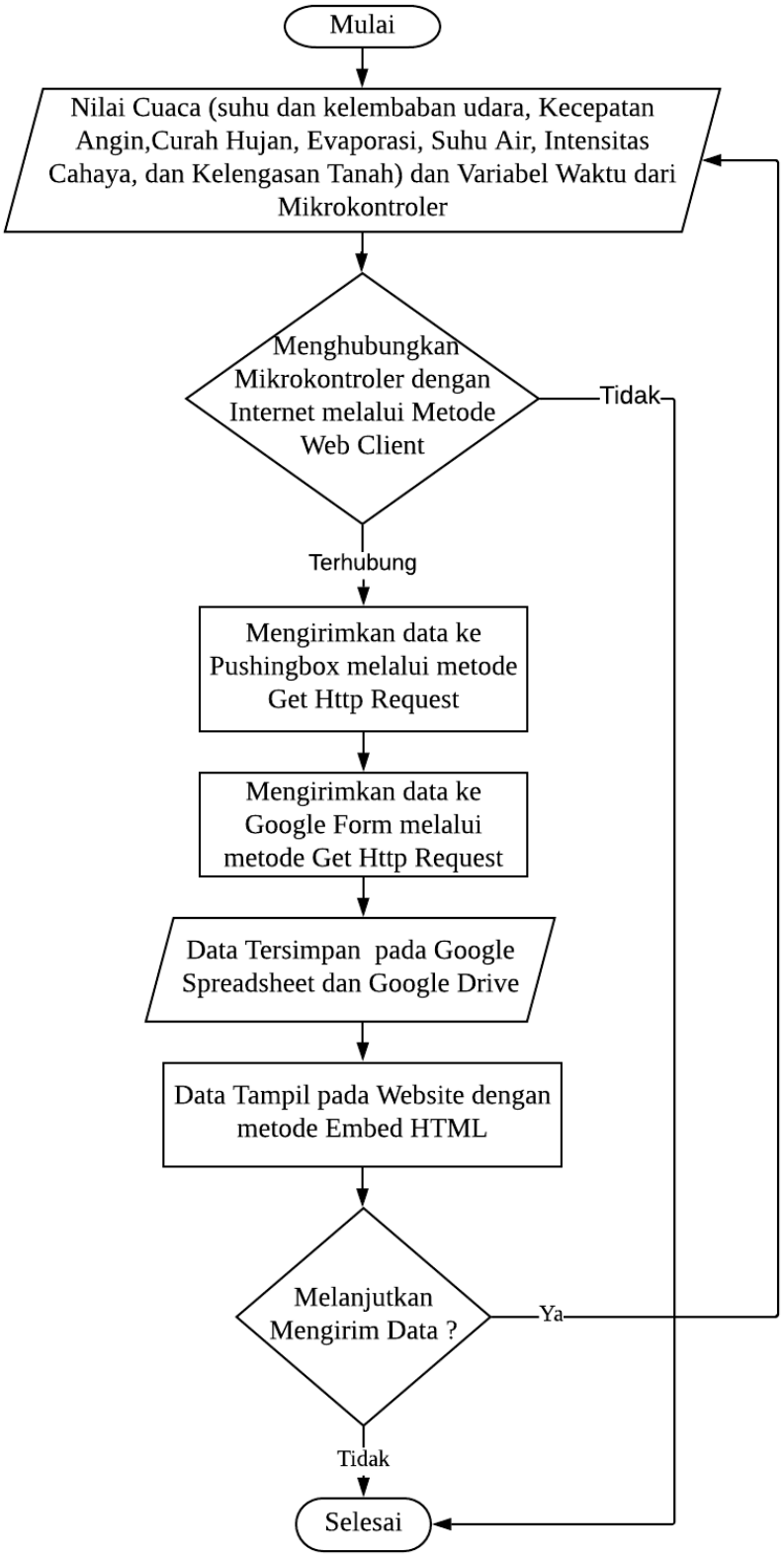
### 3.9. Penulisan Program

Perangkat lunak yang digunakan dalam pemrograman mikrokontroler adalah *software* Arduino. Pemrograman mikrokontroler bertujuan untuk memberikan perintah pada mikrokontroler untuk bekerja sesuai dengan sistem yang diinginkan. Penulisan program menggunakan bahasa pemrograman C. Setelah penulisan selesai, tahapan selanjutnya adalah pengecekan program yang ditulis. Pengecekan dilakukan dengan melakukan verifikasi pada *software* Arduino, jika *software* tidak memberikan peringatan, maka program sudah tepat dan bisa dijalankan. Langkah terakhir adalah *upload* program, *upload* program ini bertujuan untuk

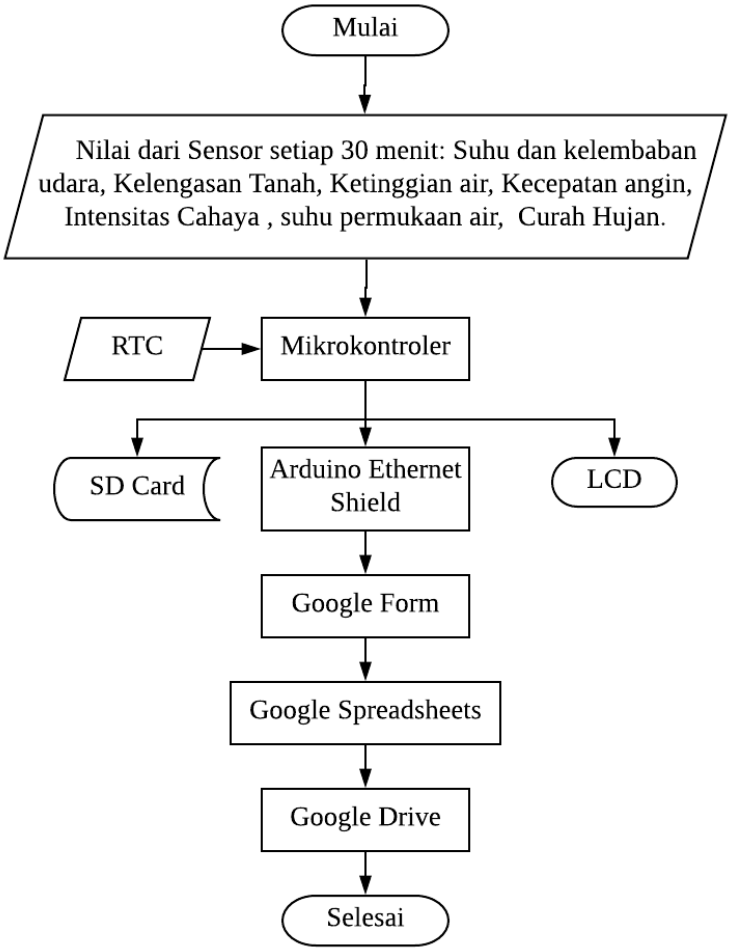
menuliskan program yang dibuat pada mikrokontroler. Kemudian mikrokontroler melaksanakan aksi sesuai dengan penulisan program yang dibuat dan di*upload*.

Mikrokontroler melalui *software* arduino di*setting* untuk menerima data cuaca yang telah dibaca oleh sensor. Data cuaca tersebut selanjutnya dikirim ke *google spreadsheet* melalui *google form* dengan bantuan *pushingbox* setiap 20 menit dan seluruh data disimpan di google drive dalam bentuk tabel atau grafik .txt.

Diagram alir pemrograman ditunjukkan oleh Gambar 17.




Gambar 16. Diagram Alir sistem Transmisi Data




Gambar 17. Diagram alir Pemrograman

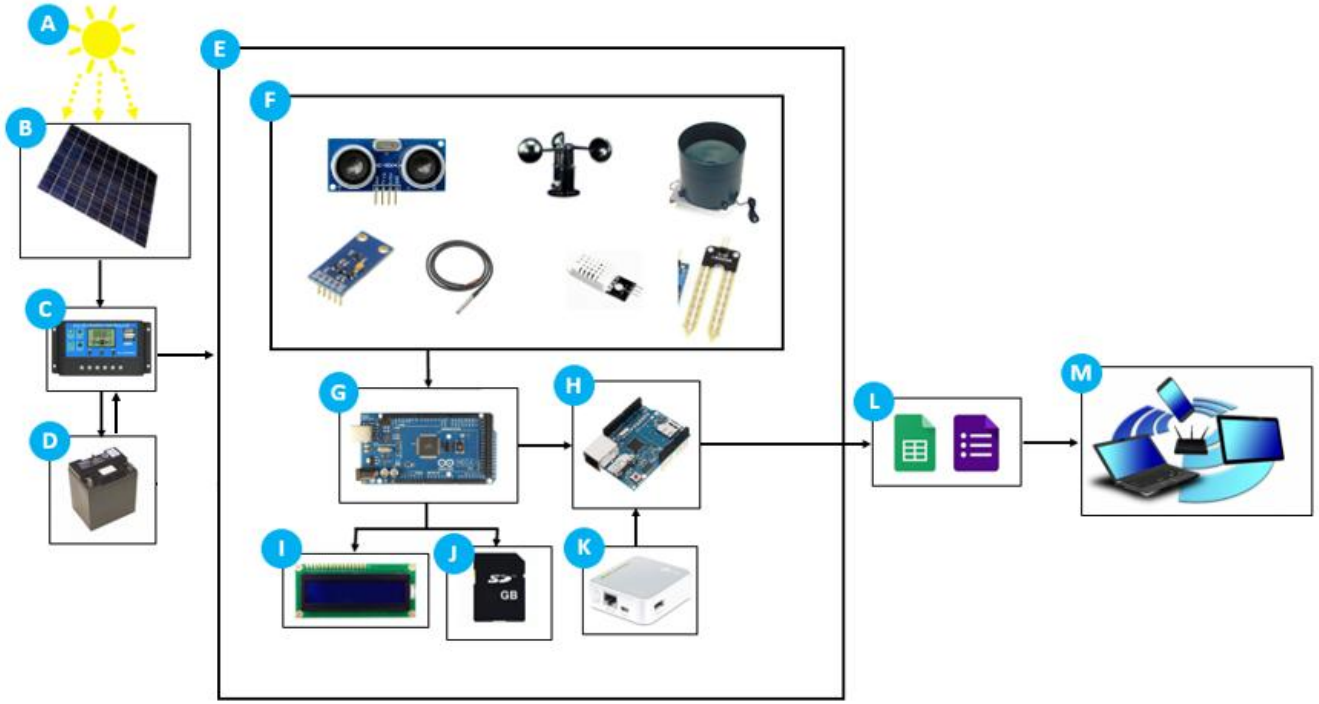
### 3.10. Mekanisme Kerja Alat

Mekanisme kerja dari prototipe stasiun klimatologi terintegrasi dengan IoT ini yaitu, panel surya menyerap energi panas matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik yang selanjutnya disimpan ke baterai dengan perantara *solar charger controller*, selanjutnya energi listrik dari baterai digunakan untuk menyuplai seluruh kebutuhan energi prototipe stasiun klimatologi. Perangkat keras yang telah mendapatkan suplai energi listrik seperti sensor, mikrokontroler dan lainnya akan bekerja sesuai kriterianya.

Selanjutnya sensor-sensor akan membaca cuaca lingkungannya sesuai jenis dan fungsi sensor masing-masing. Data yang telah terbaca oleh sensor akan dikirim kepada mikrokontroler. Data yang dikirimkan oleh mikrokontroler berbentuk digital sehingga data dalam bentuk analog akan diubah menjadi bentuk digital oleh mikrokontroler sesuai program yang dimasukkan. Selanjutnya seluruh data akan ditampilkan di LCD dan dikirimkan menuju *google spreadsheet*. Sebelum data yang dikim dari mikrokontroler menuju *google spreadsheet*, data tersebut terlebih dahulu disambungkan pada *arduino Ethernet shield*, *router* dan modem. Skema mekanisme kerja alat pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 18.

### 3.11. Uji Kinerja

Pengujian dari kinerja prototipe ini dilakukan secara keseluruhan setelah prototipe jadi dan siap digunakan. Pengujian stasiun dilakukan dengan pemasangan alat untuk membaca keadaan cuaca di stasiun klimatologi laboratorium lapang terpadu (LTPD) Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Uji kinerja meliputi keberhasilan alat dalam hal pemenuhan kriteria desain, pada bagian sistem akusisi data, transmisi data dan stabilitas persediaan listrik.




Keterangan:

A. Energi Matahari
B. Panel Surya
C. Solar *Charger Controller*
D. Baterai 12V
E. Komponen dialiri listrik dari Baterai
F. Sensor-sensor
G. Arduino ATmega 2560
*H. Arduino Ethernet Shield*
I. LCD
J. SD *Card*
K. Router dan Modem
*L. Google Form dan google Srestsheet*

Gambar 18. Skema mekanisme kerja alat

# V. SIMPULAN DAN SARAN

## 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1) Telah dihasilakan perangkat prototipe stasiun klimatologi terintegrasi dengan *Internet of Things* (IOT). Perangkat dapat bekerja dengan baik dan telah memenuhi kriteria desain yaitu dapat mengirim data menuju internet secara stabil. Persentase keberhasilan data yang terkirim menuju internet dengan data yang tersimpan pada SD card sebesar 91,82 %. Data cuaca yang terbaca stasiun terkirim secara *realtime* setiap 20 menit dan dapat dilihat di *website* **stasiunklimatologiunilafp.weebly.com**.

2) Pada sensor yang digunakan dalam prototipe stasiun klimatologi ini telah dilakukan uji kalibrasi dan validasi. Niai RMSE pada sensor DHT22 adalah 0,28 pada suhu dan 2,68 pada kelembapan, Niai RMSE pada sensor kecepatan angin : 0,12, Niai RMSE pada sensor gy-30: 64,37, Niai RMSE pada sensor evaporasi; 0,078, Niai RMSE pada sensor ds18b20 ; 0,78, dan Niai RMSE pada sensor kelengasan tanah sebesar ; 0,72.

3) Pada sistem transmisi bekerja dengan menggunakan metode web client dan koneksi DCHP. Penggunaan *Application Programing Interface* (API) yang berperan sebagai penghubung Arduino dengan Google Form. Pada penampil data stasiun pada website menggunakan metode *embed.*

4) Besarnya penggunaan kuota pada tiap pengiriman data stasiun menuju internet sebesar 1,5 MB setiap satu kali pengiriman.

5) Penggunaan panel surya 10 WP dan baterai 12 V 12 Ah telah mencukupi konsumsi energi listrik harian pada stasiun klimatologi ini, sehingga alat dapat bekerja secara stabil.

## 5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan yaitu :

1) Penambahan sensor arah angin dan suhu tanah dibutuhkan untuk melengkapi data cuaca pada prototipe stasiun klimatologi terintegrasi dengan IoT.

2) Penggunaan sensor kecepatan angin dengan tipe berbeda, yang dapat mengukur kecepatan angin dibawah 1 m/s dengan kinerja yang lebih baik.

3) Penggunaan *modul* atau *shield* internet jenis lain dan nirkabel untuk pengembangan komponen pada sistem transmisi alat.

4) Diperlukan penelitian lanjutan untuk menguji stabilitas dari stasiun klimatologi terintegrasi dengan *Internet of Things.*

# DAFTAR PUSTAKA


Alaydrus, M. 2009. *Saluran Transmisi Telekomunikasi*. Graha Ilmu: Yogyakarta.

Andrayani, M., Indrasari, W. dan Iswanto, B.H. 2016. Kalibrasi Sensor Ultrasonik Hc-Sr04 Sebagai Sensor Pendeteksi Jarak pada Prototipe Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir. *Prosiding Seminar Nasional Fisika.* 5(1): 43-46.

Apriyana, Y., Susanti, E., Suciantini, Rmadhani, F. dan Surmaini, E. 2016. Analisis Dampak Perubahan Iklim Terhadap Produksi Tanaman Pangan Pada Lahan Kering Dan Rancang Bangun Sistem Informasinya. *Jurnal Informatika Pertanian.* 2 (1) : 69-80.

Arduino.cc[1]. 2019. ATmega2560-Arduino Pin Mapping. Diakses pada 15 Oktober 2019. https://www.arduino.cc/en/Hacking/PinMapping2560.

Arduino.cc[2]. 2019. Getting Started with Arduino and Genuino MEGA2560. Diakses pada 15 Oktober 2019. https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoMega2560.

Arianu, R.S., Susetyo, B., dan Eosina, P,. 2018. Sistem Informasi Profil Pos Stasiun Klimatologi Wilayah Layanan Jawa Barat Berbasis Web GIS. *Seminar Nasional Geomatika 2018* : Penggunaan dan Pengembangan Produk Informasi Geospasial Mendukung Daya Saing Nasional.

Ariffudin dan Musa P. Implementation of MQTT Protocol for Automatic Weather Station Based on Internet of Things. 2019. *IJESC. 9(2):24209-24214.*

BMKG (Badan Meteorolodi Klimatologi dan Geofisika). 2015. Peralatan Klimatologi. Diakses tanggal 25 April 2019. http://iklim.ntb.bmkg.go.id

Dewi, R.K. 2007. "Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu Dan Kecepatan Angin Pada Sistem Klimatologi Menggunakan Mikrokontroler At89s51". Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Diponegoro.

Handayani,I., Kusuma, H., dan Nursohit. 2018. Prototipe Deteksi Curah Hujan dan Sistem Informasi Berbasis pada ESP8266 di BMKG Klimatologi Geofisika Klas I Tanggerang. *Jurnal Voice Of Informatics.* 7(2) :45-54.

Husdi. 2018. Monitoring Kelembapan Tanah Pertanian Menggunakan Soil Moisture Sensor Fc-28 Dan Arduino Uno. *ILKOM Jurnal Ilmiah*. 10 (2) : 237-243.

Iqbal, M., Yulkifli dan Darvina, Y. 2019. Rancang Bangun Sistem Pengukuran Suhu dan Kelembaban Udara Menggunakan Sensor SHT75 Berbasis Internet of Things dengan Display Smartphone. *Jurnal Berkala Fisika.* 22(3):97-104.

Kadir, A. 2013. *Pendidikan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino*. Andi Offset. Yogyakarta.

Kartasapoetra, A.G. 2006. *Klimatologi: Pengaruh Iklim terhadap Tanah dan Tanaman (Edisi Revisi).* Bumi Aksara. Jakarta. 101 hlm.

Khamdi, N. 2014. Aplikasi *Optocoupler* Dalam System Pengaturan Kecepatan Sepeda Listrik. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer.* 2 (1) :68-74.

Lakitan, N. 1994. *Dasar-Dasar Klimatologi.* Rajawali Press. Jakarta. 175 hlm.

Makerlab-electronics.com. 2019. DHT22 Temperature and Humidity Sensor Module. Diakses pada 15 Oktober 2019. https://www.makerlab-electronics.com/product/dht22-temperature-humidity-sensor-module/.

Manik, T. K. 2014. *Klimatologi Dasar; Unsur Iklim dan Proses Pembentukan Iklim*. Graha Ilmu. Yogyakarta. 141 hlm.

Subarjo, M. 2006. *Meterologi dan Klimatologi.* Universitas Lampung. Bandar Lampung. 119 hlm.

Prasetyo, S. B., Aini, N. dan Maghfoer, M. D. 2017. Dampak Perubahan Iklim Terhadap Produktivitas Kopi Robusta (*coffea robust*) di Kabupaten Malang. *Jurnal Produksi Tanaman.* 5 (5) : 805-811.

Putra, M. A. 2017. "Rancang Bangun Alat Pengukur Curah Hujan Tipe *Tipping Bucket Otomatis* Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan *Internet Of Things* (IoT)". Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. 105 hlm.

Petruzella, F. D. 2001. *Elektronika Industri.* Penerbit Andi. Yogyakarta.

Saptadi, A.H. 2014. Perbandingan Akurasi Pengukuran Suhu dan Kelembapan Antara Sensor DHT11 dan DHT22 Studi Komparatif pada Platform ATMEL AVR dan Arduino. *Jurnal Infotel.* 6 (2): 49-56.

Rozaq, I.A. dan Setyaningsih, N.Y.D. 2017. Uji Karakterisasi Sensor Suhu DS18B20 Waterproof Berbasis Arduino Uno Sebagai Salah Satu Parameter Kualitas Air. *Prosiding Snatif Ke-4 Tahun 2017,* 303-309.

Setiawan, R. 2006. *Mikrokontroler MCS-51*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Shankara, U. dan Swamy, M. A. 2009. *8051 Microcontroller:Hardware, Software & Applications.* Tata McGraw-Hill Companies : New Delhi.

Suwarti, Mulyono, Prasetiyo, B., Rifa'I, A., Diastiara, I.R., Indriyani, L. dan Putro, W.P. 2017. Pembuatan Monitoring Kecepatan Angin Dan Arah Angin Menggunakan Mikrokontroler Arduino. *Seminar Nasional Pendidikan, Sains dan Teknologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Muhammadiyah Semarang.* ISBN : 978-602-61599-6-0. 56-64.

Telaumbanua, M., Anggraini, R., Sasongko, F.I., Fitri, A., Sari, R.F.M. dan Waluyo, S. 2018. Control System Design for Rat Pest Repellent in the Rice Field Using a Modified ATMega328 Microcontroller Modified with Ultrasonic Sound Wave. *International Journal of Engineering Inventions.* 7 (8) : 22-28.

Telaumbanua[1], M., Rachmawaty, A.N., Triyono, S. dan Suharyatun, S. 2019. Penerapan Rancangan Sistem Hidroponik Otomatis Untuk Budidaya Bawang Merah (Allium Ascalonicum L.) dan Simulasi Analisis Biaya. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 8 (2): 139-152.

Telaumbanua[2], M., Dermiyati. dan Suharjo, R. 2019. Rancang Bangun Sistem Pengaduk Dan Pembuat Pupuk Cair Limbah Kelapa Sawit dan Nanas Otomatis Dengan Metode Aerob, Semi Aerob, dan Anaerob. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*.8 (4): 234-242.

Telaumbanua[3], M., Triyono, S., Haryanto, A. dan Wisnu, F.K. 2019. Controlled Electrical Conductivity (Ec) of Tofu Wastewater As A Hydroponic Nutrition. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management* 6(3): 453-462.

Tricahyono, R.W. 2018. Sistem Monitoring Intensitas Cahaya dan Daya Pada Dual Axis Solar Tracking System Berbasis IoT. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro.* 7 (4) : 233-238.

Wirjohamidjojo, S. dan Swarinoto, Y. 2010. *Iklim Kawasan Indonesia (Dari Aspek Dinamik - Sinoptik).* Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisik. Jakarta. 172 hlm.

Wirjohamidjojo, S. dan Swarinoto, Y. 2007. *Praktek Meteorologi Pertanian.* Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisik. Jakarta. 191 hlm.

Wisnubroto, S., Aminah, S.L. dan Nitisapto, M. 1983. *Asas-asas Meteorologi Pertania*. Ghalia Indonesia. Jakarta. 173 hlm.

Yahwe, C.P., Isnawaty dan Aksara, L.M.F. 2016. Rancang Bangun Prototipe System Monitoring Kelembapan Tanah Melalui Sms Berdasarkan Hasil Penyiraman Tanaman“Studi Kasus Tanaman Cabai dan Tomat”. *SemanTIK.* 2 (1) : 97-110.