

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR CURAH HUJAN DENGAN METODE  
TIMBANGAN MENGGUNAKAN SENSOR FOTOTRANSISTOR  
BERBASIS ARDUINO UNO**

(Skripsi)

Oleh

**MARIA SOVA**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2017**

## **ABSTRAK**

### **RANCANG BANGUN ALAT UKUR CURAH HUJAN DENGAN METODE TIMBANGAN MENGGUNAKAN SENSOR FOTOTRANSISTOR BERBASIS ARDUINO UNO**

**Oleh**

**MARIA SOVA**

Alat ukur curah hujan dengan sistem timbangan berbasis sensor fototransistor tipe NPN, dibuat untuk mengukur nilai curah hujan yang turun dengan memanfaatkan cahaya LED. Alat dirancang menggunakan pengolah data Arduino Uno, pewaktuan RTC DS1307, dan *micro SD*. Pengujian alat dilakukan di BMKG Bandara Radin Inten II Lampung Selatan. Data analog yang dihasilkan oleh fototransistor akan diolah oleh Arduino Uno sehingga menghasilkan data curah hujan yang disimpan di *micro SD* dan ditampilkan pada LCD dengan *delay* 1 detik. Sistem kontrol alat menggunakan *valve solenoid* dengan parameter volume yang terukur sebesar 500 ml. Resolusi alat yang dihasilkan sebesar 0,19 mm dan alat mampu membaca perubahan volume terkecil sebesar 2 ml. Rata-rata *error* pengukuran alat sebesar 5,7 %.

Kata kunci: Arduino Uno, Fototransistor, dan Volume

## **ABSTRACT**

### **MEASURING INSTRUMENT OF RAIN FALL WITH WEIGHTSCALE METHOD USING PHOTOTRANSISTOR BASED ARDUINO UNO**

**By**

**MARIA SOVA**

*The measuring instrument of rainfall with weightscale system using phototransistor NPN type, designed for measuring the value of rainfall wich fell down with using LED light. The instrument designed using data processor Arduino Uno, timer DS1307, and micro SD The testing instrument was do in BMKG Bandara Radin Inten II South of Lampung. The analog data has results by phototransistor will be processed by Arduino Uno and the results data of rianfall which saved in the micro secure digital and displayed by the Liuquid Crystal Dislay (LCD) with delay 1 second. The control system instrument using a valve solenoid with volume reference 500 ml. The instrument resolution has results was equal 0,19 mm and the instrument capable to read the minimum of volume change up to 2 ml. Average of error from measuring instrument was equal to 5,7 %.*

*Keyword: Arduino Uno, phototransistor, and volume*

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR CURAH HUJAN DENGAN METODE  
TIMBANGAN MENGGUNAKAN SENSOR FOTOTRANSISTOR  
BERBASIS ARDUINO UNO**

**Oleh**

**MARIA SOVA**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Fisika**

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2017**

Judul Skripsi

: **RANCANG BANGUN ALAT UKUR CURAH HUJAN DENGAN METODE TIMBANGAN MENGGUNAKAN SENSOR FOTOTRANSISTOR BERBASIS ARDUINO UNO**

Nama Mahasiswa

: **Maria Sova**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **1317041024**

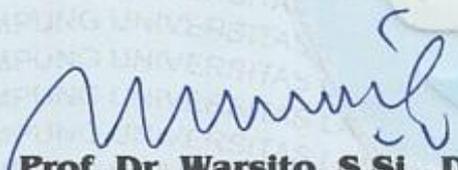
Jurusan

: **Fisika**

Fakultas

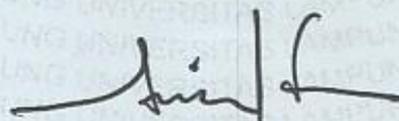
: **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



  
**Prof. Dr. Warsito, S.Si., D.E.A.**  
NIP 19710212 199512 1 001

  
**Drs. Amir Supriyanto, M.Si.**  
NIP 19650407 199111 1 001

2. Ketua Jurusan Fisika



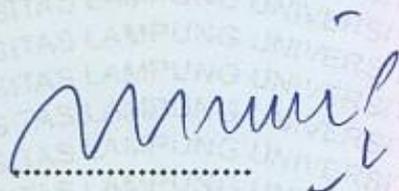
**Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.**  
NIP 19710909 200012 1 001

## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

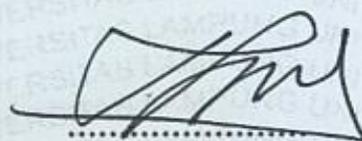
Ketua

: **Prof. Dr. Warsito, S.Si., D.E.A.** .....



Sekretaris

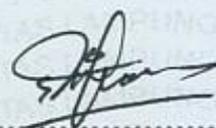
: **Drs. Amir Supriyanto, M.Si.** .....



Penguji

Bukan Pembimbing

: **Sri Wahyu Suciati, S.Si., M.Si.** .....

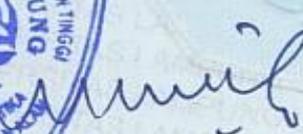


### 2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Prof. Dr. Warsito, S.Si., D.E.A.**

NIP 19710212 199512 1 001



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

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan ini tidak benar saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 10 Oktober 2017



**Maria Sova**  
NPM. 1317041024

## RIWAYAT HIDUP

Penulis yang bernama lengkap Maria Sova dilahirkan di Desa Sindang Agung, Kec. Tanjung Raja, Kab. Lampung Utara pada tanggal 06 Juli 1995 anak pertama dari pasangan Bapak Jastari dan Ibu Ukat Mawati. Penulis menyelesaikan Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Sri Menanti pada tahun 2007, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 3 Tanjung Raja pada tahun 2010 dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Tanjung Raja pada tahun 2013. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) pada tahun 2013. Selama menempuh pendidikan penulis pernah menjadi Asisten Praktikum Fisika Dasar I, Asistem Praktikum Pemrograman Komputer, Asisten Elektronika Dasar II, dan Asisten Sains Dasar Fisika. Penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi kemahasiswaan, yaitu Anggota Bidang Kaderisasi Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) periode 2014-2015 dan Bendahara Umum Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) periode 2015-2016. Penulis melaksanakan kerja Praktek di Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) dengan judul “**Analog Kontrol Untuk Sistem Loading dan Unloading pada Fasilitas Radiografi Neutron**”, dan menyelesaikan penelitian skripsi di Jurusan Fisika dengan judul “**Rancang Bangun Alat Ukur Curah Hujan Dengan Metode Timbangan Menggunakan Sensor Fototransistor Berbasis Arduino Uno**”.

## MOTTO

**"Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan),  
kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain"**

**(Alam Nasyrah [94]: 7)**

**Jbu dari segala CITA CITA adalah SABAR**

**Saya tidak memperoleh yang saya inginkan, saya mendapatkan  
segala yang saya butuhkan.**

**(SR Ahmad, Ibnu Hibban, dan Al Baghawiy)**

*Bismillahirrohmanirrohim*

*Kuniatkan karya kecilku ini karena*

*ALLAH SWT...*

*Ku Persembahkan Karya Ini Untuk*

*Kedua Orang Tua Ku  
Bpk. Jastari dan Ibu Ukat Mawati*

**yang selalu berjuang tanpa lelah dan dengan ikhlas untuk  
mendukung dan meridhai serta mendukung hingga aku  
menyelesaikan pendidikan S1**

*Adikku Inggat Ganes Mutia*

**Keluarga Besar yang selalu memberikan do'a untukku**

**Guru-guru dan Teman-teman Ku**

**serta**

**Almamater Tercinta**

**Universitas Lampung**

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji bagi Allah SWT berkat rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan kuliah dan skripsi dengan judul skripsi Rancang Bangun Alat Ukur Curah Hujan Dengan Metode Timbangan Menggunakan Sensor Fototransistor Berbasis Arduino Uno. Shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW yang senantiasa dirindukan syafaatnya. Aamiin.

Skripsi ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai bulan Juli 2017 bertempat di Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung serta di BMKG Bandara Radin Intan II Lampung Selatan.

Penelitian yang tertulis dalam skripsi ini berupa alat ukur curah hujan untuk mengukur curah hujan yang jatuh di kawasan BMKG Bandara Radin Intan II Lampung Selatan. Penulis menyadari bahwa penyajian skripsi ini masih banyak kekurangan dalam penulisan maupun referensi data. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi perbaikan dan penyempurnaan laporan ini. Semoga skripsi ini menjadi rujukan untuk penelitian berikutnya agar lebih sempurna.

Bandar Lampung, 10 Oktober 2017

**Maria Sova**

## SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'alamin puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir dengan judul "Rancang Bangun Alat Ukur Curah Hujan Dengan Metode Timbangan Menggunakan Sensor Fototransistor Berbasis Arduino Uno" sebagai salah satu pertanggungjawaban kelulusan sebagai sarjana.

Penulis menyadari bahwa dalam melakukan penelitian tidak lepas dari dukungan, bimbingan, motivasi serta do'a dari pihak lain. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bpk. Prof. Warsito, S.Si., DEA selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa memberi ilmu, wawasan dan bimbingan kepada penulis.
2. Bpk. Drs. Amir supriyanto, M.Si. selaku Dosen Pembimbing II yang senantiasa membimbing penulis selama penelitian.
3. Ibu Sri Wahyu Suciati S.Si., M.Si selaku Dosen Penguji yang senantiasa memberi saran untuk membangun kepada penulis dalam melakukan penelitian.
4. Bpk. Sawardi, S.T. beserta staf BMKG atas bimbingan dan bantuan selama melakukan penelitian di BMKG bandara Radin Inten II Lampung Selatan.
5. Bpk. Prof. Posman Manurung, M.Si., Ph.D. sebagai Dosen Pembimbing

akademik atas bimbingannya kepada penulis selama masa kuliah.

6. Dosen-dosen Jurusan Fisika FMIPA Unila beserta staf atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan.
7. Sahabat sekaligus keluarga ku Ratna, Ari, Arta, Sinta Setiani, Putri yang selalu mendukung, memberi semangat serta berbagi suka dan duka.
8. Rekan-rekan seperjuangan ku di Instrumentasi dan Fisika 2013: Inda, Mardi, Rio, Sinta Novita, Isma, Nia, Doni, Wini dan yang tak bisa disebutkan satu per satu terima kasih atas bantuannya.
9. Adik-adik Fisika 2014 dan 2015 atas bantuan do'a dan tenaga, Friska, Hana, Reka, Rosa, Indah dkk.
10. Serta semua pihak yang tak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya, serta memberkahi hidup kita. Aamiin.

Bandar Lampung, 10 Oktober 2017

**Maria Sova**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	i
<i>ABSTRACT</i> .....	ii
<b>COVER DALAM</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	v
<b>PERNYATAAN</b> .....	vi
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	vii
<b>MOTTO</b> .....	viii
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	ix
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	x
<b>SANWACANA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xviii
 <b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	4
1.3 Manfaat Penelitian .....	5
1.4 Rumusan Masalah .....	5
1.5 Batasan Masalah .....	6

## II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait .....	7
2.2 Perbedaan Dengan Penelitian Sebelumnya .....	8
2.3 Dasar Teori.....	10
2.3.1 Definisi Hujan .....	10
2.3.2 Siklus Hidrologi .....	14
2.3.3 Curah Hujan .....	16
2.3.4 Karakteristik Hujan di Wilayah Indonesia .....	16
2.3.5 Alat Ukur Curah Hujan .....	19
2.3.6 Massa .....	20
2.3.7 Sistem Kontrol .....	21
2.3.8 Sistem Akuisisi Data .....	23
2.3.9 Fototransistor .....	24
2.3.10 Arduino Uno .....	26
2.3.11 <i>Real Time Clock</i> (RTC) DS1307 .....	28
2.3.12 <i>Inter-Integrated Circuit</i> (I2C) .....	30
2.3.13 Komunikasi Data <i>Serial Peripheral Interface Bus</i> (SPI) ....	31
2.3.14 Media Penyimpanan/Perekaman Data .....	32
2.3.15 <i>Liquid Crystal Display</i> .....	34
2.3.16 <i>Valve Solenoid</i> .....	36

## III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	39
3.2 Alat dan Bahan .....	39
3.3 Prosedur Penelitian .....	41
3.3.1 Perancangan Perangkat Keras .....	43
3.3.2 Perancangan Perangkat Lunak .....	54
3.3.3 Rancangan Pengambilan Data .....	56

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian .....	58
4.2 Hasil Pengujian .....	78
4.3 Pembahasan .....	91

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan .....	95
5.2 Saran .....	95

## DAFTAR PUSTAKA

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Hujan Frontal .....	13
Gambar 2.2 Hujan Zenit .....	13
Gambar 2.3 Siklus Hidrologi .....	15
Gambar 2.4 Penakar Hujan Observatorium .....	20
Gambar 2.5 Sistem Kontrol <i>Open Loop</i> .....	22
Gambar 2.6 Sistem Kontrol <i>Close Loop</i> .....	23
Gambar 2.7 Fototransistor .....	25
Gambar 2.8 Skematik Fototransistor.....	25
Gambar 2.9 Arduino Uno .....	26
Gambar 2.10 Bentuk dan Keterangan DS1307 .....	29
Gambar 2.11 Transfer data SDA dan SCL .....	30
Gambar 2.12 Pin-Pin Penghubung Pada SPI .....	31
Gambar 2.13 Konektor Pin dan Bentuk Dari <i>Micro SD</i> .....	33
Gambar 2.14 Konfigurasi Pin LCD M1632 .....	35
Gambar 2.15 <i>Valve Solenoid</i> dan Keterangannya .....	37
Gambar 2.16 Prinsip Kerja <i>Valve Solenoid</i> .....	38
Gambar 3.1 Diagram Alir Realisasi Alat .....	42
Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem Pengendalian .....	43
Gambar 3.3 Diagram Blok Sistem Akuisisi Data .....	44

Gambar 3.4 Skema Rancangan Alat Ukur Curah Hujan .....	46
Gambar 3.5 Rangkaian Fototransistor.....	48
Gambar 3.6 Skematik Rangkaian RTC DS1307 ke Arduino .....	49
Gambar 3.7 Rangkaian RTC DS1307 .....	50
Gambar 3.8 Skematik Rangkaian Arduino dengan <i>Micro SD</i> .....	51
Gambar 3.9 Skematik Rangkaian <i>Micro SD</i> .....	51
Gambar 3.10 Skematik Rangkaian Arduino Dengan LCD .....	52
Gambar 3.11 Skematik Rangkaian Arduino Dengan <i>Valve Solenoid</i> .....	53
Gambar 3.12 Rangkaian Keseluruhan Rancangan .....	54
Gambar 3.13 Diagram Alir Sistem Perangkat Lunak .....	55
Gambar 3.14 Grafik Hubungan Tegangan Terhadap Volume Air .....	57
Gambar 3.15 Grafik hubungan Curah Hujan Terhadap Waktu .....	57
Gambar 4.1 Realisasi alat ukur curah hujan .....	59
Gambar 4.2 Timbangan .....	60
Gambar 4.3 Penampung <i>rain collector</i> .....	62
Gambar 4.4 Accu .....	63
Gambar 4.5 Rangkaian sensor fototransistor .....	64
Gambar 4.6 Rangkaian LED .....	64
Gambar 4.7 Rangkaian <i>Micro SD</i> .....	65
Gambar 4.8 Rangkaian RTC .....	66
Gambar 4.9 Benstuk sinyal SDA dan SCL .....	66

Gambar 4.10 Rangkaian LCD .....	67
Gambar 4.11 Rangkaian <i>driver valve solenoid</i> .....	68
Gambar 4.12 Tampilan penyimpanan data pada <i>Micro SD</i> .....	75
Gambar 4.13 Tampilan inisialisasi LCD .....	76
Gambar 4.14 Tampilan data pada LCD .....	77
Gambar 4.15 Grafik karakteristik sensor fototransistor .....	80
Gambar 4.16 Grafik histerisis karakteristik sensor fototransistor .....	81
Gambar 4.17 Grafik pengujian kalibrasi sensor fototransistor .....	85
Gambar 4.18 Alat ukur curah hujan tipe observatoriumr .....	87
Gambar 4.19 Grafik pengambilan data pertama penelitian .....	88
Gambar 4.20 Gambar pengambilan data pertama alat tipe observatorium .....	88
Gambar 4.21 Grafik pengambilan data kedua penelitian .....	89
Gambar 4.22 Gambar pengambilan data kedua alat tipe observatoriumr .....	89
Gambar 4.23 Grafik pengambilan data ketiga penelitian .....	90
Gambar 4.24 Gambar pengambilan data ketiga alat tipe observatorium .....	90

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Klasifikasi Curah Hujan Menurut Standar Internasional WMO .....	11
Tabel 2.2 Definisi Pin Konektor Pada <i>Micro SD</i> .....	33
Tabel 2.3 Keterangan Pin M1632 .....	35
Tabel 3.1 Data Kalibrasi Fototransistor .....	56
Tabel 3.2 Data Pengukuran Curah Hujan .....	56
Tabel 4.1 Data Pengujian Karakteristik Sensor Fototransistor .....	79
Tabel 4.2 Data Pengujian Karakteristik Tegangan Sensor Fototransistor .....	81
Tabel 4.3 Data Pengujian Resolusi Sensor dengan Perubahan Volume 20 ml..	83
Tabel 4.3 Data Pengujian Resolusi Sensor dengan Perubahan Volume 10 ml .	83
Tabel 4.3 Data Pengujian Resolusi Sensor dengan Perubahan Volume 5 ml ...	83
Tabel 4.3 Data Pengujian Resolusi Sensor dengan Perubahan Volume 4 ml ...	83
Tabel 4.3 Data Pengujian Resolusi Sensor dengan Perubahan Volume 3 ml ...	84
Tabel 4.3 Data Pengujian Resolusi Sensor dengan Perubahan Volume 2 ml ...	84
Tabel 4.3 Data Pengujian Resolusi Sensor dengan Perubahan Volume 1 ml ...	84
Tabel 4.4 Data Pengujian Kalibrasi Sensor Fototransistor .....	85

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Hujan dapat dikatakan sebagai sebuah peristiwa turunnya butir-butir air yang berasal dari langit ke permukaan bumi. Hujan juga merupakan siklus air di bumi. Menurut Budi Santoso (2001), terjadinya hujan dapat digambarkan sebagai sebuah sistem. Energi panas matahari akan menyebabkan air laut, sungai, saluran dan danau atau waduk berubah bentuk menjadi uap air. Proses perubahan ini disebut evaporasi (*evaporation*). Evaporasi memiliki peranan penting dalam perpindahan energi antara permukaan dan udara. Energi yang digunakan untuk evaporasi air ini disebut energi pendam (*latent energy*). Energi pendam berada dalam molekul air ketika air berubah dari cair menjadi gas. 80% persen air yang masuk ke atmosfer berasal dari. Sebagian besar air yang terevaporasi dari lautan akan kembali ke lautan secara langsung. Sebagian lagi akan terangkut di atas permukaan tanah sebelum menjadi hujan. Uap air mungkin akan terkondensasi berubah kembali menjadi air, dan selanjutnya melepaskan panas pendam (*latent heat*) yang berubah menjadi panas sensibel (*sensible heat*). Udara panas ini akan terangkat ke atas dan mengalami proses pendinginan. Proses ini disebut kondensasi (*condensation*) yang menghasilkan tetesan air. Tetesan air saling

berpegangan menjadi tetesan yang lebih besar sampai mencapai ukuran yang cukup besar untuk jatuh ke permukaan bumi sebagai hujan (*precipitation*).

Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) hujan dibagi dalam beberapa kategori yaitu hujan sedang yaitu curah hujan yang berkisar antara 20 hingga 50 mm perhari. Hujan lebat yaitu curah hujan yang berkisar antara 50 hingga 100 mm perhari dan hujan sangat lebat yaitu curah hujan yang berkisar di atas 100 mm perhari.

Letak geografis Indonesia juga berpengaruh terhadap keadaan/kondisi alam. Pertama, Indonesia beriklim laut karena Indonesia negara kepulauan sehingga banyak memperoleh pengaruh angin laut yang mendatangkan banyak hujan. Kedua, Indonesia memiliki iklim musim, yaitu iklim yang dipengaruhi oleh angin muson yang berhembus setiap 6 bulan sekali berganti arah. Hal ini menyebabkan musim kemarau dan musim hujan di Indonesia (Sudarmi, 2008). Di Indonesia, perubahan iklim sangat sering terjadi. Perubahan iklim secara global dapat mengakibatkan perubahan musim yang signifikan baik secara lokal maupun regional. Hal ini dapat mengakibatkan sulitnya dalam memprediksi cuaca dan kapan terjadinya perubahan musim. Sebagai contoh musim hujan di Indonesia kedatangannya berubah-ubah tiap tahunnya dan memiliki periode musim yang lebih panjang dari musim kemarau. Kondisi ini dipengaruhi oleh wilayah Indonesia yang sebagian besar berupa lautan dan berada di sekitar wilayah khatulistiwa. Sehingga mengakibatkan curah hujan di Indonesia yang tinggi yaitu berkisar antara 2000 sampai 3000 milimeter tiap tahunnya (Biro Pusat Statistik, 2002).

Meningkatnya curah hujan yang terjadi memberikan beberapa keuntungan dan juga kerugian yang dialami masyarakat, khususnya di Indonesia. Salah satu kerugian yang terjadi yaitu bencana alam seperti tanah longsor dan banjir yang melanda beberapa perkotaan akibat hujan. Musim hujan di Indonesia (yang terjadi dari Desember sampai Maret) biasanya menyebabkan curah hujan yang tinggi. Dikombinasikan dengan pengundulan hutan dan saluran-saluran air yang tersumbat oleh sampah, ini bisa menyebabkan sungai-sungai meluap dan terjadi banjir. Banjir dan tanah longsor terjadi di banyak wilayah di Indonesia dan bisa menyebabkan jatuhnya ratusan korban, hancurnya rumah-rumah dan infrastruktur lain, dan kerugian bagi bisnis-bisnis lokal. Bahkan di megapolitan seperti Jakarta, banjir terjadi secara reguler karena lemahnya manajemen air dikombinasikan dengan curah hujan yang tinggi. Misalnya pada Januari 2013, sebuah wilayah yang sangat luas dari Jakarta terkena banjir. Hal ini membawa dampak pada lebih dari 100.000 rumah dan menyebabkan hilangnya nyawa lebih dari 20 orang.

Melihat beberapa permasalahan yang diakibatkan oleh hujan, penelitian-penelitian terkait alat ukur hujan telah banyak dilakukan. Hal ini dilakukan untuk dapat mengantisipasi dampak curah hujan tinggi yang terjadi. Alat ukur curah hujan yang umum digunakan bertipe observatori yang berbentuk silinder dan terdapat penampung/reservoir di bawah corong. Pengukuran yang dilakukan dengan mengamati banyaknya curah hujan selama 24 jam dengan menuangkan air dari penampung ke dalam gelas ukur, pengamatan dilakukan dikeesokan harinya (Nasri, 1978). Penelitian yang sama juga dilakukan oleh Siswanti (2006) dengan membangun alat ukur curah hujan observatorium (OBS). Pada penelitian yang dilakukan Siswanti menggunakan sebuah pelampung untuk mendeteksi kenaikan

volume air yang tertampung dalam sebuah tangki, pelampung dihubungkan ke sebuah potensiometer dan akan terhitung tegangan keluarannya. Pada tahun 2016 dibuat juga alat ukur yang sama dengan metode yang berbeda oleh Afida Hafizzatul Ulum, yaitu menggunakan sistem timbangan yang mampu mengukur massa air hujan dalam penampung air dan menggunakan perekam data. Data curah hujan yang terukur akan disimpan dalam sebuah *Micro Secure Digital (Micro SD)*. Kelemahan dari alat yang dihasilkan yaitu kepekaan sensor *flexiforce* yang masih kurang stabil. Dengan metode berbeda yaitu *tipping bucket* tetapi menggunakan Arduino Uno dilakukan oleh Hendi Setiawan (2016).

Pada penelitian ini, dibuat sebuah alat ukur curah hujan dengan metode yang sama oleh Ulum (2016) yaitu metode timbangan. Penelitian yang dilakukannya menggunakan sensor *flexiforce* yang memanfaatkan perubahan tekanan, sedangkan penelitian yang akan dilakukan memanfaatkan sensor fototransistor. Dengan metode timbangan dan sensor fototransistor, data curah hujan yang terukur akan direkam dengan menggunakan perekam data yang portabel dan disimpan dalam sebuah *Micro Secure Digital (Micro SD)* dan akan ditampilkan oleh LCD.

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian adalah sebagai berikut.

- a. Membuat alat ukur curah hujan di suatu daerah yang mampu bekerja secara otomatis.
- b. Mengetahui hasil pengukuran alat dalam mengukur curah hujan dengan melakukan perbandingan dengan alat yang sudah ada.

- c. Mengetahui banyaknya curah hujan yang terjadi setiap waktu.
- d. Mengetahui resolusi yang dihasilkan alat dengan menggunakan sensor yang berbeda yaitu fototransistor.

### **1.3 Manfaat Penelitian**

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Memberikan inovasi sebuah alat untuk mengukur intensitas curah hujan yang terjadi setiap waktu.
- b. Memberikan informasi mengenai intensitas curah hujan yang turun, sehingga dapat mengurangi dampak buruk dari hujan yang terjadi.

### **1.4 Rumusan Masalah**

Berdasarkan pemaparan mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah penelitian adalah sebagai berikut.

- a. Bagaimana membuat sebuah alat ukur yang dapat mengukur intensitas curah hujan dengan menggunakan metode timbangan dengan sensor fototransistor dan memiliki akurasi yang baik?
- b. Bagaimana membuat sebuah program yang dapat menampilkan jumlah curah hujan yang terukur?
- c. Bagaimana agar data-data hasil penelitian dapat tersimpan di dalam sebuah *micro SD*?

## 1.5 Batasan Masalah

Untuk merealisasikan penelitian ini dibatasi oleh beberapa batasan masalah sebagai berikut.

- a. Sensor yang digunakan pada penelitian ini menggunakan sensor fototransistor.
- b. Kapasitas penyimpanan data pada *micro SD* sebesar 2 GB.
- c. Menggunakan *accumulator* sebagai *power supply* dengan tegangan yang dihasilkan sebesar 12 V.
- d. Volume maksimum yang diukur sebesar 500 ml.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terkait

Beberapa penelitian mengenai pembuatan alat ukur curah hujan sudah dilakukan. Diawali oleh Calder dan Rosier pada tahun 1976 dengan menggunakan metode sederhana yaitu lembaran plastik sebagai pengganti dari corong untuk menampung air hujan. Menggunakan metode ini, air hujan yang tertampung akan langsung dialirkan ke *tipping bucket* untuk dihitung nilai curah hujan. Kemudian Afrida Hafizhatul Ulum pada tahun 2015, penelitian yang dilakukan yaitu mengenai realisasi alat ukur curah hujan dengan metode timbangan berbasis mikrokontroler ATmega32 dan penyimpanan data menggunakan *microSD*. Pada penelitian yang dilakukannya, sistem timbangan menggunakan sensor *flexiforce*, air hujan yang ditampung akan mengakibatkan perubahan tekanan pada sensor. Perubahan tekanan ini akan diolah oleh mikrokontroler menjadi tegangan yang akan ditampilkan pada *Liquid Crystal Display (LCD)* dan disimpan dalam *microSD* dengan *delay* 6 detik. Alat yang dihasilkan mampu membaca perubahan volume hingga 5 ml sehingga nilai resolusi pengukuran sebesar 0,28 mm.

Selain itu, realisasi terkait pengukuran curah hujan juga dilakukan oleh Hendi Setiawan (2016). Penelitian yang dilakukannya digunakan metode yang berbeda yaitu mengaplikasikan metode *tipping bucket* menggunakan Arduino Uno sebagai

pengolah data. Pemanfaatan Arduino untuk pengukuran curah hujan dilakukan pula oleh Muliantara di tahun 2015. Pembacaan nilai curah hujan memanfaatkan ketinggian air yang tertampung dalam tabung. Data yang terbaca akan dikirim oleh modul GSM ke *server*.

Penggunaan metode timbangan untuk alat ukur curah hujan telah dilakukan oleh Winarto (1991) yang memanfaatkan *starin gauge*. Hasil yang didapatkan yaitu kepekaan alat ukur yang dibuatnya sebesar 0,51329/mm curah hujan, ketidaktelitian sebesar 2,57439 serta ketidaktepatan alat ukur yang dibuat sebesar 2,59153 mm curah hujan.

Terkait penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, sistem timbangan yang digunakan memanfaatkan daya tekan pegas, prinsip kerja timbangan ini menggunakan perubahan intensitas cahaya yang diakibatkan sensor fototransistor. Sistem timbangan yang digunakan pada penelitian ini memiliki sistem kerja yang sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Sefta Marisa Dwipasari Jn pada tahun 2009.

## **2.2 Perbedaan Dengan Penelitian Sebelumnya**

Terkait dengan pembuatan alat ukur curah hujan, Calder dan Rosier (1976) memberikan pembaruan pada alat ukur curah hujan tipe *tipping bucket*. Pembaruan yang dilakukannya yaitu pada bagian corong penampung air yang memanfaatkan lembaran plastik berbentuk persegi. Namun memiliki banyak kekurangan dengan metode ini dikarenakan tidak dapat digunakan untuk jangka yang cukup lama.

Kemudian oleh Afrida Hafizathul Ulum (2016) membuat alat ukur curah hujan menggunakan metode timbangan, digunakannya sensor *flexiforce* dan media penyimpanan data *Micro Secure Digital (micro SD)*. Ketika sensor mendeteksi massa yang tertampung di dalam tabung, sensor akan mengubah besaran fisis massa menjadi besaran elektrik berupa hambatan. Hambatan dari sensor kemudian akan diubah menjadi tegangan oleh rangkaian pembagi tegangan yang kemudian akan terbaca oleh mikrokontroler. Hasil data yang dibaca oleh mikrokontroler kemudian akan diproses dan ditampilkan pada LCD dan disimpan dalam *micro SD*. Kelemahan pada penelitian ini terletak pada sensor yang kurang stabil.

Muliantara (2015) menggunakan Arduino Uno untuk mengukur curah hujan dan data dikirimkan melalui *web server*. Data yang dicatat menggunakan tongkat pena yang gerakannya selalu mengikuti tangki pelampung. Gerakan pena dicatat pada pias yang digulung pada silinder jam yang dapat berputar dengan bantuan tenaga per. Gerakan pena menghasilkan grafik yang tergambar pada kertas. Namun hasil grafik pada kertas hanya menggambarkan ketinggian air didalam tabung, tidak menggambarkan curah hujan yang turun.

Penelitian yang dilakukan oleh Hendi Setiawan (2016) dengan metode *tipping bucket* atau jungkit-jungkit dengan media penyimpanan data *micro SD*. Dalam pemrosesan datanya menggunakan Arduino Uno. Data curah hujan yang terukur akan disimpan dan dikirimkan ke pengamat melalui *GSM Shield*. Resolusi pengukuran yang di dapatkannya sebesar 0,25 mm.

Winarto (1991) yang memanfaatkan *strain gauge* membuat prototipe alat ukur curah hujan dengan metode timbangan. Air hujan yang jatuh akan masuk kedalam

corong dan tertampung dalam tabung, penambahan air hujan dalam tabung akan menggerakkan *strain gauge*. Pergeseran *strain gauge* akan dikonversi menjadi nilai curah hujan. Prototipe yang dibuat akan dibandingkan dengan alat *tipping bucket* yang sudah ada. Hasil yang didapat berdasarkan nilai kepekaan, ketidakteelitian dan ketidaktepatan dari kedua alat tersebut, *tipping bucket* lebih baik dibandingkan dengan prototipe yang direalisasikan. Perbedaan nilai ketidakteelitian dan ketidaktepatan antara *tipping bucket* dan alat prototipe masing-masing sebesar 0,39017 dan 0,23404.

Berbeda dari penelitian yang telah dilakukan, realisasi alat ukur curah hujan ini menggunakan metode timbangan. Timbangan yang akan digunakan memiliki prinsip dan teknik yang sama seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Sefta Marisa D. J. (2009) mengenai sistem kontrol otomatis penyeleksian berat benda pada makanan kaleng dengan memanfaatkan detektor massa. Dengan resolusi dan kepekaan yang sangat baik sehingga akan mendeteksi sedikit perubahan dan penambahan air yang tertampung. Timbangan yang digunakan akan memanfaatkan sensor fototransistor sebagai pendeteksi perubahan volume air. Pemrosesan data yang digunakan yaitu Arduino Uno serta media penyimpanan data *micro SD*.

## **2.3 Dasar Teori**

### **2.3.1 Definisi Hujan**

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

mahluk hidup. Hujan merupakan gejala meteorologi dan juga unsur klimatologi. Hujan adalah hydrometeor yang jatuh berupa partikel-partikel air yang mempunyai diameter 0.5 mm atau lebih. Hydrometeor yang jatuh ke tanah disebut hujan sedangkan yang tidak sampai tanah disebut Virga (Tjasyono, 2006). Hujan yang sampai ke permukaan tanah dapat diukur dengan jalan mengukur tinggi air hujan tersebut dengan berdasarkan volume air hujan per satuan luas. Hasil dari pengukuran tersebut dinamakan dengan curah hujan (Aldrian, 2011).

Proses terjadinya dan turunnya hujan yaitu mula mula sinar matahari menyinari bumi, energi sinar matahari ini mengakibatkan terjadinya evaporasi atau penguapan di lautan, samudra, sungai, danau, dan sumber-sumber air lainnya. Uap-uap air yang naik ini pada ketinggian tertentu akan mengalami kondensasi. Peristiwa kondensasi ini diakibatkan oleh suhu sekitar uap air lebih rendah daripada titik embun uap air. Uap-uap air ini kemudian akan membentuk awan. Kemudian, angin (yang terjadi karena perbedaan tekanan udara) akan membawa butir - butir air ini. Butir - butir air ini menggabungkan diri (proses ini dinamakan koalensi) dan semakin membesar akibat turbelensi udara, butir-butir air ini akan tertarik oleh gaya gravitasi bumi sehingga akan jatuh ke permukaan bumi. Saat jatuh ke permukaan bumi, butir-butir air akan melewati lapisan yang lebih hangat di bawahnya sehingga butir-butir air sebagian kecil menguap lagi ke atas dan sebagian lainnya jatuh ke permukaan bumi sebagai hujan.

**Tabel 2.1** Klasifikasi curah hujan menurut standar internasional WMO

<b>Kriteria Hujan</b>	<b>Intensitas Hujan (mm/menit)</b>
Sangat Ringan	< 0,02
Ringan	0,02 – 0,05
Sedang/Normal	0,05 – 0,25
Lebat	0,25 - 1
Sangat Lebat	>1

Sumber : (Mori et al, 1997)

Jenis-jenis hujan berdasarkan besarnya curah hujan menurut BMKG dibagi menjadi tiga, yaitu sebagai berikut.

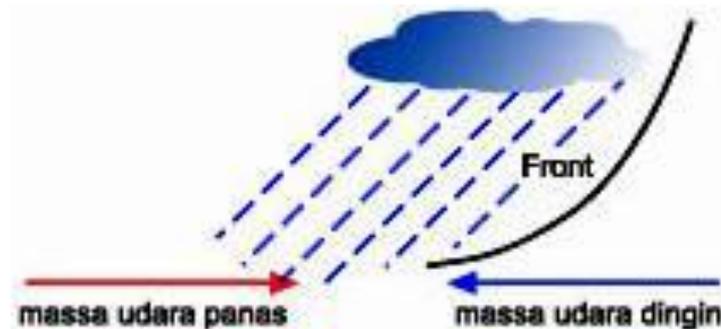
1. Hujan sedang, 20 - 50 mm per hari.
2. Hujan lebat, 50-100 mm per hari.
3. Hujan sangat lebat, di atas 100 mm per hari.

Hujan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam sebagai berikut.

- a. Berdasarkan ukuran butirannya hujan dibedakan menjadi empat, antara lain:
  1. hujan gerimis, diameter butir-butirnya kurang dari 0,5 mm,
  2. hujan salju, terdiri dari kristal-kristal es yang temperatur udaranya berada di bawah titik beku,
  3. hujan batu es merupakan curahan batu es yang turun di dalam cuaca panas dari awan yang temperaturnya di bawah titik beku,
  4. hujan deras yaitu curahan air yang turun dari awan yang temperaturnya diatas titik beku dan diameter butirannya kurang dari 7 mm.
- b. Berdasarkan proses terjadinya hujan dibedakan menjadi empat, yaitu sebagai berikut.

### 1. Hujan Frontal

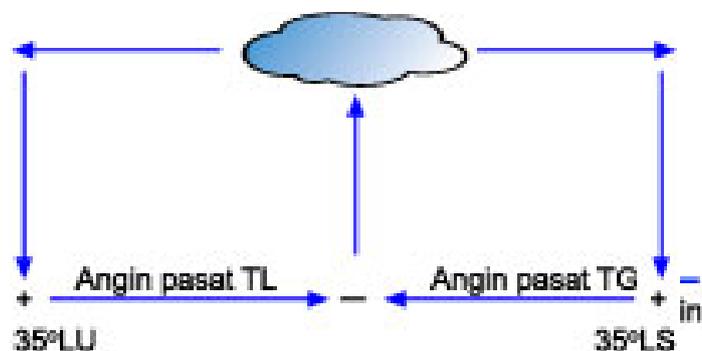
Hujan frontal adalah hujan yang terjadi di daerah front, yang disebabkan oleh pertemuan dua massa udara yang berbeda temperaturnya. Massa udara panas (lembab) bertemu dengan massa udara dingin (padat) sehingga berkondensasi dan terjadilah hujan.



**Gambar 2.1** Hujan frontal (Susilowati, 2010)

### 2. Hujan Zenithal

Jenis hujan ini terjadi karena arus konveksi menyebabkan uap air di daerah khatulistiwa naik secara vertikal sebagai akibat pemanasan air laut terus menerus sehingga mengalami kondensasi dan turun sebagai hujan. Itulah sebabnya jenis hujan ini juga dinamakan hujan ekuatorial atau hujan konveksi. Hujan zenithal turun di daerah tropis dua kali dalam satu tahun.



**Gambar 2.2** Hujan zenit (Susilowati, 2010)

### 3. Hujan Orografis

Terjadi karena udara yang mengandung uap air dipaksa oleh angin mendaki lereng pegunungan yang makin ke atas makin dingin sehingga terjadi kondensasi, terbentuklah awan dan jatuh sebagai hujan. Hujan yang jatuh pada lereng yang dilaluinya disebut hujan orografis, sedangkan di lereng sebelahnya bertiup angin jatuh yang kering dan disebut daerah bayangan hujan.

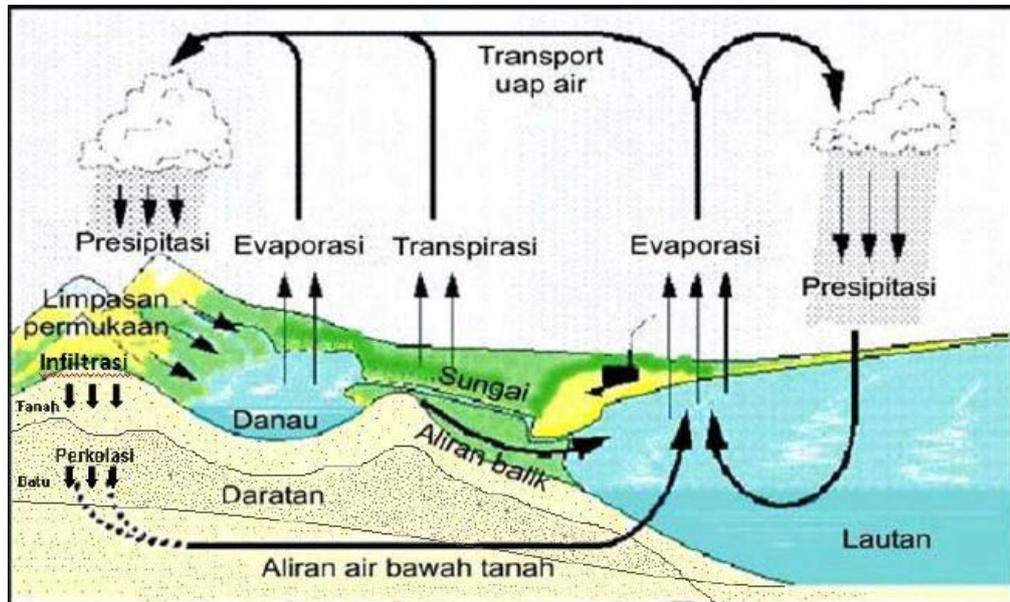
### 4. Hujan Siklon Tropis

Siklon tropis hanya dapat timbul didaerah tropis antara lintang  $0^{\circ}$ - $10^{\circ}$  lintang utara dan selatan dan tidak berkaitan dengan *front*, karena siklon ini berkaitan dengan sistem tekanan rendah. Siklon tropis dapat timbul dilautan yang panas, karena energi utamanya diambil dari panas laten yang terkandung dari uap air. Siklon tropis akan mengakibatkan cuaca yang buruk dan hujan yang lebat pada daerah yang dilaluinya.

#### **2.3.2 Siklus Hidrologi**

Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air bumi, terjadinya peredaran, sifat-sifat kimia dan fisiknya, dan reaksi dengan lingkungannya, termasuk hubungannya dengan makhluk-makhluk hidup (*Internatinal Glossary of Hidrology*, 1974). Menurut Ance Gunarsih Kertasapoetra (2008), siklus hidrologi adalah sirkulasi air yang tetap mulai dari lautan sampai ke udara dan kembali ke lautan. Proses yang terjadi pada siklus hidrologi adalah evaporasi, transpirasi, presipitasi, pergerakan massa udara, kondensasi, dan pergerakan air tanah. Siklus hidrologi pada prinsipnya, jumlah air di alam ini tetap dan mengikuti suatu aliran

yang dinamakan “siklus hidrologi”. Siklus Hidrologi adalah suatu proses yang berkaitan, dimana air diangkut dari lautan ke atmosfer (udara), ke darat dan kembali lagi ke laut, seperti digambarkan pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3** Siklus hidrologi (Kertasapoetra, 2008)

Hujan yang jatuh ke bumi baik langsung menjadi aliran maupun tidak langsung yaitu melalui vegetasi atau media lainnya akan membentuk siklus aliran air mulai dari tempat yang tinggi (gunung, pegunungan) menuju ke tempat yang rendah baik di permukaan tanah maupun di dalam tanah yang berakhir di laut. Dengan adanya penyinaran matahari, maka semua air yang ada dipermukaan bumi akan berubah wujud berupa gas/uap akibat panas matahari dan disebut dengan penguapan atau evaporasi dan transpirasi. Uap ini bergerak di atmosfer (udara) kemudian akibat perbedaan temperatur di atmosfer dari panas menjadi dingin maka air akan terbentuk akibat kondensasi dari uap menjadi cairan (*from air to liquid state*). Bila tempertur berada di bawah titik beku (*freezing point*) kristal-kristal es terbentuk. Tetesan air kecil (*tiny droplet*) tumbuh oleh kondensasi dan

berbenturan dengan tetesan air lainnya dan terbawa oleh gerakan udara turbulen sampai pada kondisi yang cukup besar menjadi butir-butir air. Apabila jumlah butir air sudah cukup banyak dan akibat berat sendiri (pengaruh gravitasi) butir-butir air itu akan turun ke bumi dan proses turunnya butiran air ini disebut dengan hujan atau presipitasi. Bila temperatur udara turun sampai dibawah 0° Celcius, maka butiran air akan berubah menjadi salju (Chow, 1988).

### **2.3.3 Curah Hujan**

Hujan yang sampai ke permukaan tanah dapat diukur dengan cara mengukur tinggi air hujan tersebut dengan berdasarkan volume air hujan per satuan luas. Hasil dari pengukuran tersebut dinamakan dengan curah hujan. Curah hujan adalah jumlah air hujan yang jatuh di permukaan tanah selama periode tertentu diukur dalam satuan tinggi diatas permukaan horizontal dengan satuan yang digunakan adalah milimeter. Bagi bidang meteorologi pertanian dikumpulkan curah hujan harian atau setiap periode 24 jam yang diukur setiap pagi hari. Dari data harian dapat dihimpun data curah hujan mingguan, sepuluh harian, bulanan, tahunan dan sebagainya. Selanjutnya juga dapat diperhitungkan hari hujannya. Menurut pengertian Klimatologi, satu hari hujan adalah periode 24 jam dimana terkumpul curah hujan setinggi 0,5 mm atau lebih. Kurang dari ketentuan ini hujan dinyatakan nol, meskipun tinggi curah hujan tetap diperhitungkan (BMKG, 2006).

### 2.3.4 Karakteristik Hujan di Wilayah Indonesia

Indonesia berada diantara  $6^{\circ}$  LU –  $11^{\circ}$  LS dan merupakan daerah tropis dengan dua musim, yakni musim kemarau dan penghujan yang bergantian setiap enam bulan sekali. Letak geografis Indonesia juga berpengaruh terhadap keadaan/kondisi alam. Pertama, Indonesia beriklim laut, sebab merupakan negara kepulauan sehingga banyak memperoleh pengaruh angin laut yang mendatangkan banyak hujan. Kedua, Indonesia memiliki iklim musim, yaitu iklim yang dipengaruhi oleh angin muson yang berhembus setiap 6 bulan sekali berganti arah. Hal ini menyebabkan musim kemarau dan musim hujan di Indonesia (Sudarmi, 2008).

Iklim di Indonesia memiliki karakteristik yang dipengaruhi oleh bentuk wilayahnya yang berupa kepulauan yaitu sebagai berikut.

- a. Walaupun suhu udara rata-rata tinggi, akan tetapi selalu diimbangi oleh banyaknya penguapan dari perairan laut Indonesia sehingga kelembaban udaranya tinggi.
- b. Langitnya selalu tertutup awan.
- c. Curah hujan rata-rata tinggi di atas 2000 mm per tahun.
- d. Perbedaan suhu tertinggi dan terendah tidak terlalu besar (ekstrem), karenapengaruh dari banyaknya wilayah perairan.

Benua Asia dan benua Australia yang mengapit wilayah Indonesia yang dipisahkan oleh garis lintang katulistiwa, mempunyai pengaruh besar terhadap perubahan musim di Indonesia. Dalam satu tahun, kedua benua tersebut mengalami pergantian pemanasan setiap enam bulan. Keadaan ini berhubungan

dengan peredaran semu tahunan matahari. Dalam satu tahun letak kedudukan matahari terhadap permukaan bumi bergeser di antara lintang  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  LU dan  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  LS. Adanya perubahan letak matahari, mengubah tekanan udara di atas kedua benua tersebut dan menyebabkan terjadinya angin musim (angin muson) di Indonesia. Musim hujan adalah periode selama enam bulan dimana jumlah curah hujan rata-rata harian di atas 60 mm. Musim kemarau adalah periode selama enam bulan dimana jumlah curah hujan rata-rata harian di bawah 60 mm. Jadi pada musim kemarau dapat terjadi hujan tetapi jumlahnya relatif sedikit. Secara teoritis, musim hujan di Indonesia terjadi ketika sedang bertiup angin Musim Barat, dalam periode bulan April sampai Oktober. Pada periode ini angin yang bertiup dari benua Asia melalui samudera Hindia, sehingga membawa banyak uap air dan membentuk banyak awan hujan di atas wilayah Indonesia. Karena banyaknya awan maka curah hujan sangat tinggi. Sedangkan musim kemarau terjadi ketika sedang bertiup angin Musim Timur tepatnya Angin Musim Tenggara, dalam periode bulan Oktober sampai April. Pada periode ini angin yang bertiup dari benua Australia melalui samudera perairan laut yang sempit, sehingga membawa sedikit uap air dan awan hujan yang terbentuk di atas wilayah Indonesia relatif sedikit (Soerjani, 1987).

Edvin Aldrian, dkk (2011) menyatakan bahwa di Indonesia musim didasarkan atas sering atau jarang curah hujan sehingga dikenal musim hujan dan musim kemarau. Untuk menandai kedua musim tersebut, Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) menggunakan kriteria banyaknya curah hujan selama 10 hari (dasarian). Menurut Aldrian, musim kemarau adalah musim dengan curah hujan kurang dari 50 mm / dasarian dan diikuti oleh dasarian

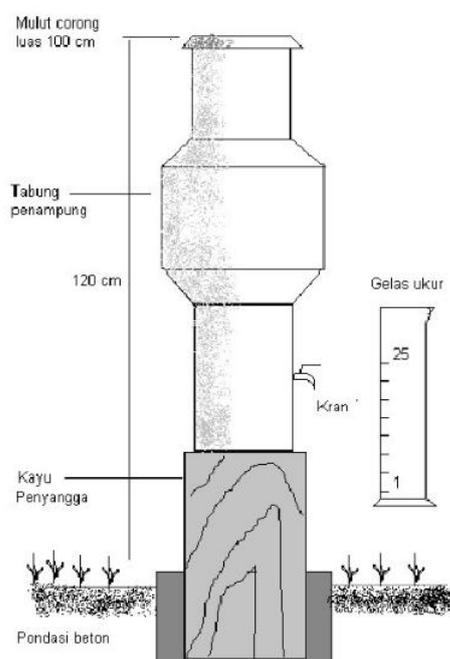
berikutnya. Sedangkan musim hujan adalah kondisi sebaliknya dengan curah hujan lebih dari 50 mm / dasarian dan diikuti oleh dasarian berikutnya. Edwin Aldrian mengemukakan juga bahwa pergantian musim kemarau ke musim hujan terjadi apabila curah hujan dalam tiga dasarian kurang dari 50 mm. Sedangkan pergantian musim hujan ke musim kemarau terjadi jika curah hujan dalam tiga dasarian kurang dari 50 mm (Aldrian, 2011).

### **2.3.5 Alat Ukur Curah Hujan**

Penakar hujan adalah instrumen yang digunakan untuk mendapatkan dan mengukur jumlah curah hujan pada satuan waktu tertentu. Panakar hujan mengukur tinggi hujan seolah-olah air hujan yang jatuh ke tanah menumpuk ke atas merupakan kolom air. Air yang tertampung volumenya dibagi dengan luas corong penampung, hasilnya adalah tinggi atau tebal, satuan yang dipakai adalah milimeter (mm). Menurut Benyamin Lakitan (1994), curah hujan diukur dengan menggunakan alat ukur curah hujan yang berbentuk silinder dengan bagian atas terbuka (untuk menerima butiran air hujan yang jatuh). Alat ini dipasang di tempat terbuka, sehingga air hujan akan diterima langsung oleh alat ini. Satuan yang digunakan adalah milimeter (mm) dan ketelitian pembacaannya sampai dengan 0.1 mm. Pembacaan dilakukan sekali sehari pada pukul 07.00 pagi hari. Alat ukur curah hujan ini ada yang manual (Ombrometer) dan ada yang dirancang untuk pengukuran secara kontinyu (Otomatis) (Lakitan, 1994).

Salah satu tipe pengukur hujan manual yang paling banyak dipakai adalah tipe observatorium (obs) atau sering disebut ombrometer. Penakar hujan ini termasuk tipe kolektor yang menggunakan gelas ukur untuk mengukur air hujan. Penakar

hujan ini merupakan jenis yang paling banyak digunakan di Indonesia hingga sekarang, merupakan tipe “*standard*” di negara kita (BMG, 2006). Curah hujan dari pengukuran alat ini dihitung dari volume air hujan dibagi dengan luas mulut penakar. Alat tipe observatorium ini merupakan alat baku dengan mulut penakar seluas 100 cm<sup>2</sup> dan dipasang dengan ketinggian mulut penakar 1,2 meter dari permukaan tanah.



**Gambar 2.4** Penakar hujan observatorium (Obs) (BMG, 2006)

Cara kerja alat ini yaitu saat terjadi hujan, air hujan yang tercurah masuk dalam corong penakar. Air yang masuk dalam penakar dialirkan dan terkumpul di dalam tabung penampung. Pada jam-jam pengamatan air hujan yang tertampung diukur dengan menggunakan gelas ukur. Apabila jumlah curah hujan yang tertampung jumlahnya melebihi kapasitas ukur gelas ukur, maka pengukuran dilakukan beberapa kali hingga air hujan yang tertampung dapat terukur semua (BMG, 2006).

### 2.3.6 Massa

Massa suatu benda adalah suatu gaya yang disebabkan oleh gravitasi yang bekerja dengan massa tersebut. Nilai dari massa benda akan selalu tetap dimanapun keberadaannya tetapi berat dari benda tersebut akan berubah-ubah sesuai dengan besar percepatan gravitasi di tempat tersebut (Sears dan Zemansky, 2002). Berat dihitung dengan mengalikan masa benda dengan percepatan gravitasi dimana tempat benda berada. Adapun persamaannya sebagai berikut.

$$W = m g \quad (2.1)$$

Berdasarkan persamaan di atas dapat kita hitung nilai massa suatu benda sebagai berikut:

$$m = \frac{W}{g} \quad (2.2)$$

dengan:

$$\begin{aligned} W &= \text{Berat benda (N);} \\ m &= \text{massa (kg);} \\ g &= \text{percepatan gravitasi (m/s}^2\text{).} \end{aligned}$$

(Giancoli, 2001).

### 2.3.7 Sistem Kontrol

Sistem kontrol (sistem kendali) telah memegang peranan yang sangat penting dalam perkembangan ilmu dan teknologi. Pemanfaatan sistem kontrol telah banyak digunakan di bidang industri dengan menggunakan sistem kontrol otomatis yang memiliki keuntungan lebih efisien. Pada sistem otomatis, pengaturan dilakukan dengan sendirinya artinya sesuatu yang dibutuhkan dalam proses mesinakan berjalan dengan sendirinya tanpa campur tangan orang.

Sedangkan sistem kontrol manual membutuhkan campur tangan operator dalam menjalankan proses mesinnya. Sistem kontrol adalah proses pengaturan/pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (variabel, parameter) sehingga berada pada suatu harga atau dalam suatu rangkuman harga (*range*) tertentu. Dalam istilah lain disebut juga teknik pengaturan, sistem pengendalian atau sistem pengontrolan.

Sistem kontrol ada dua macam yaitu sistem kontrol *open loop* dan sistem kontrol *close loop*.

**a. Sistem kontrol *open loop***

Kontrol *open loop* atau kontrol *loop* terbuka adalah suatu sistem yang keluarannya tidak mempunyai pengaruh terhadap aksi kontrol. Artinya, sistem kontrol terbuka keluarannya tidak dapat digunakan sebagai umpan balik dalam masukan.

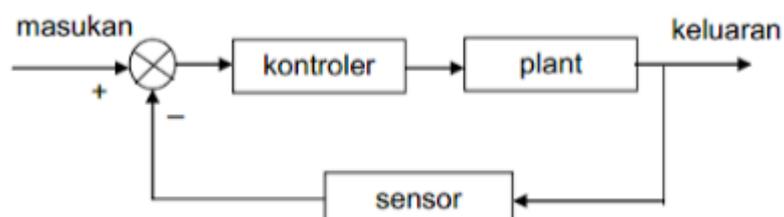


**Gambar 2.5** Sistem kontrol *open loop* (Kusbandono, 2010)

Dalam suatu sistem kontrol terbuka, keluaran tidak dapat dibandingkan dengan masukan acuan. Jadi, untuk setiap masukan acuan berhubungan dengan operasi tertentu, sebagai akibat ketetapan dari sistem tergantung kalibrasi. Dengan adanya gangguan, sistem kontrol *open loop* tidak dapat melaksanakan tugas sesuai yang diharapkan. Sistem kontrol *open loop* dapat digunakan hanya jika hubungan antara masukan dan keluaran diketahui dan tidak terdapat gangguan *internal* maupun *eksternal*.

### b. Sistem kontrol *close loop*

Sistem kontrol *close loop* atau *loop* tertutup adalah sistem kontrol yang sinyal keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengontrolan, sistem kontrol lup tertutup juga merupakan sistem kontrol berumpan balik. Sinyal kesalahan penggerak, yang merupakan selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan balik (yang dapat berupa sinyal keluaran atau suatu fungsi sinyal keluaran atau turunannya) diumpankan ke kontroler untuk memperkecil kesalahan dan membuat agar keluaran sistem mendekati harga yang diinginkan. Dengan kata lain, istilah “*loop* tertutup” berarti menggunakan aksi umpan – balik untuk memperkecil kesalahan sistem.



**Gambar 2.6** Sistem kontrol *close loop*(Kusbandono, 2010)

(Kusbandono, 2010).

### 2.3.8 Sistem Akuisisi Data

Proses perubahan *output* yang belum diolah dari satu atau lebih sensor kedalam sinyal digital yang ekuivalen untuk dipakai pada proses lebih lanjut disebut dengan sistem akuisisi data. Mode akuisisi data merupakan tata cara pengiriman data dari suatu perangkat ke perangkat lainnya (Stallings, 2001). Terdapat dua cara dalam mode akuisisi yaitu dengan sinkron dan asinkron. Akuisisi sinkron adalah jenis akuisisi dimana pengirim atau penerima berada pada waktu yang sinkron contoh

dalam komputer. Sedangkan akuisisi asinkron merupakan akuisisi data dengan pengirim maupun penerima tidak perlu berada pada waktu yang sinkron. Seperti contoh prosesor kecepataannya lebih cepat dibanding dengan kecepatan mengetik seorang manusia (Ariyus dan Rumandri, 2008).

Berdasarkan arah pengirimannya akuisisi data dibedakan menjadi tiga (Bogart, 1992) yaitu sebagai berikut.

- a. *Simplex*: data dikirimkan hanya dalam satu arah saja. Data dari A (pengirim) dapat dikirimkan ke B (penerima), tetapi B tidak bisa mengirim data ke A. Seperti komunikasi pemancar TV dengan pesawat TV.
- b. *Half duplex*: data dikirimkan dalam dua arah tetapi secara bersamaan. Pada saat A mengirim data B hanya menerima saja demikian juga sebaliknya. Contoh komunikasi menggunakan *handy talkie* masing-masing perangkat yang digunakan untuk bisa bekerja secara bersamaan tetapi dilakukan secara bergantian.
- c. *Full duplex*: data dikirimkan dalam dua arah secara bersamaan. Pada saat bersamaan antara A dan B dapat saling mengirim dan menerima data. Contoh yang seperti pesawat telepon yang dapat melakukan komunikasi dua arah secara bersamaan.

### **2.3.9 Fototransistor (*Phototransistor*)**

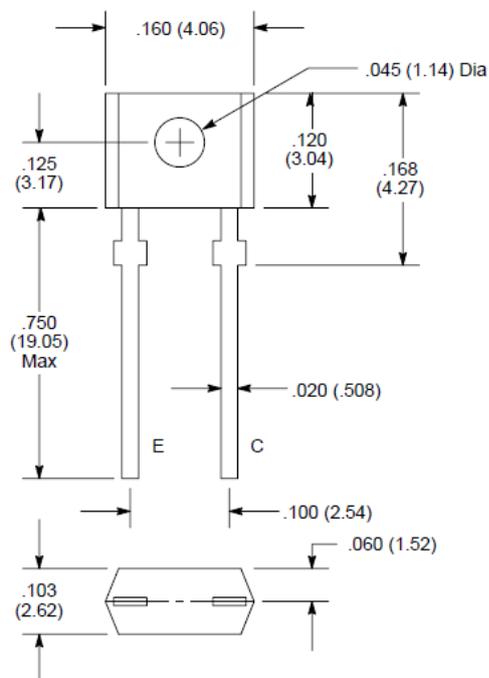
Fototransistor merupakan salah satu komponen yang berfungsi sebagai detektor cahaya yang dapat mengubah efek cahaya menjadi sinyal listrik (Fraden, 1996). Fototransistor yang ada terdiri dari tipe yang memiliki dua kaki atau tiga kaki. Fototransistor tipe tiga kaki, maka kaki yang terhubung ke rangkaiannya yaitu

kaki kolektor dan emitor saja (kaki basis tidak terhubung), sedangkan untuk tipe dua kaki pada fototransistor-nya hanya terdiri dari kaki kolektor dan emitor (Dipranoto, 2010).



**Gambar 2.7** Fototransistor (*datasheet Electronics, inc*)

Fototransistor memiliki dua jenis yaitu tipe PNP dan tipe NPN. Selain itu fototransistor memiliki jenis berdasarkan kaki transistor, yaitu fototransistor dengan dua kaki dan fototransistor tiga kaki.



**Gambar 2.8** Skematik fototransistor (*datasheet Electronics, inc*)

Karakteristik fototransistor ini memiliki tegangan maksimum antara kolektor-emitor ( $V_{ce0}$ ) sebesar 30V, arus kolektor ( $I_c$ ) sebesar 10 mA, tahanan terhadap temperatur pada  $-40^{\circ}\text{C}$  sampai  $100^{\circ}\text{C}$  (*Datasheet Electronics, Inc*).

### 2.3.10 Arduino Uno

Arduino UNO adalah sebuah *board* mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328 (*datasheet*). Arduino UNO mempunyai 14 pin digital *input/output* (6 di antaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input analog*, sebuah osilator kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah *power jack*, sebuah ICSP *header*, dan sebuah tombol *reset*. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya.

Arduino Uno berbeda dari semua *board* Arduino sebelumnya, Arduino UNO tidak menggunakan *chip driver* FTDI *USB-to-serial*. Sebaliknya, fitur-fitur Atmega16U2 (Atmega8U2 sampai ke versi R2) diprogram sebagai sebuah pengubah USB ke *serial*. Revisi 2 dari *board* Arduino Uno mempunyai sebuah resistor yang menarik garis 8U2 HWB ke *ground*, yang membuatnya lebih mudah untuk diletakkan ke dalam DFU *mode* (Setiawan, 2008).

Arduino uno dapat digunakan untuk mengendalikan sensor, motor, dan berbagai jenis akuator lainnya. Gambar Arduino uno dapat dilihat pada Gambar 2.8.



**Gambar 2.9** Arduino Uno (*Texas Instrumentation, 2016*)

Spesifikasi Arduino Uno sebagai berikut.

- Mikrokontroler Atmega 328
- Catu daya 5 volt
- Tegangan *input* DC 6-20 volt
- Arus DC setiap pin I/O 40 mA
- RAM 2 KB
- *Flash memory* 32 KB
- EEPROM 1 KB
- *Clock speed* 16 MHz
- Bahasa pemrograman C/C++ (Durfee, 2011).

Arduino Uno memiliki sejumlah fasilitas untuk komunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lainnya. ATmega328 menyediakan UART TTL (5V) untuk komunikasi *serial*, yang tersedia di *pin digital* 0 (RX) dan 1 (TX). Sebuah ATmega8U2 sebagai saluran komunikasi *serial* melalui USB dan sebagai *port virtual com* untuk perangkat lunak pada komputer. *Firmware*'8 U2 menggunakan *driver* USB standar COM, dan tidak ada *driver eksternal* yang diperlukan. Namun, pada *Windows* diperlukan sebuah *file inf*. Perangkat lunak

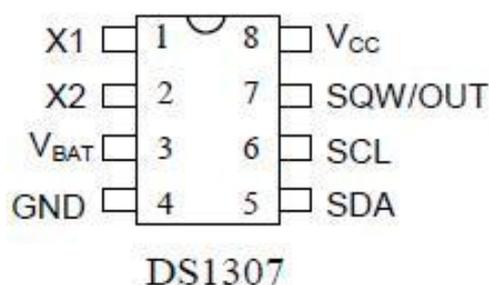
Arduino terdapat *monitor* serial yang memungkinkan digunakan memonitori data *tekstual* sederhana yang akan dikirim ke atau dari *board* Arduino. LED RX dan TX di papan tulis akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui *chip USB-to-serial* dengan koneksi USB ke komputer (tetapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1). Sebuah *Software Serial library* memungkinkan untuk berkomunikasi secara *serial* pada salah satu pin digital pada *board* Uno's. ATmega328 juga mendukung I2C (TWI) dan komunikasi SPI.

Arduino UNO dapat disuplai melalui koneksi USB atau dengan sebuah *power suplay eksternal*. Sumber daya dipilih secara otomatis. *Supply eksternal* (non-USB) dapat diperoleh dari sebuah adaptor AC ke DC atau baterai. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan sebuah *center-positive plug* yang panjangnya 2,1 mm ke *power jack* dari *board*. Kabel *lead* dari sebuah baterai dapat dimasukkan dalam *header/kepala pin Ground* (Gnd) dan pin Vin dari konektor POWER. *Board* Arduino UNO dapat beroperasi pada sebuah *supply eksternal* 6 sampai 20 Volt. Jika disupply dengan yang lebih kecil dari 7 V, kiranya pin 5 Volt mungkin mensuplai kecil dari 5 Volt dan *board* Arduino UNO bisa menjadi tidak stabil. Jika menggunakan *supply* yang lebih dari besar 12 Volt, *voltage regulator* bisa kelebihan panas dan membahayakan *board* Arduino UNO. *Range* yang direkomendasikan adalah 7 sampai 12 Volt (Setiawan, 2008).

### **2.3.11 Real Time Clock (RTC) DS1307**

Data hasil pengukuran alat ukur akan di catat menggunakan sebuah perangkat dan disimpan pada *micro SD*. Agar pencatatan pada *micro SD* teridentifikasi dengan baik, pada setiap pencatatan diperlukan waktu lokal pencatatan. Waktu lokal

pencatatan dibangun menggunakan IC DS1307 (Sumiharto, 2010). *Real-time clock* DS1307 adalah IC yang dibuat oleh perusahaan *Dallas Semiconductor*. DS1307 merupakan sebuah IC yang dapat digunakan sebagai pengaturan waktu yang meliputi detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan dan tahun. Pengaksesan data dilakukan dengan sistem serial sehingga hanya membutuhkan dua jalur untuk komunikasi yaitu jalur *clock* untuk membawa informasi data *clock* dan jalur data yang membawa data.



**Gambar 2.10** Bentuk dan keterangan DS1307  
(*Datasheet IC RTC DS1307*).

Penjelasan konfigurasi pin dari DS1307 adalah sebagai berikut.

**X1-X2** adalah pin yang dihubungkan dengan kristal 32.768 KHz.

**VBAT** adalah pin yang dihubungkan masukan baterai +3V.

**GND** adalah pin yang dihubungkan *ground*.

**SDA** adalah pin yang difungsikan sebagai jalur data.

**SCL** adalah pin yang fungsikan sebagai jalur *clock*.

**SQW/OUT** adalah pin yang digunakan sebagai keluaran sinyal kotak.

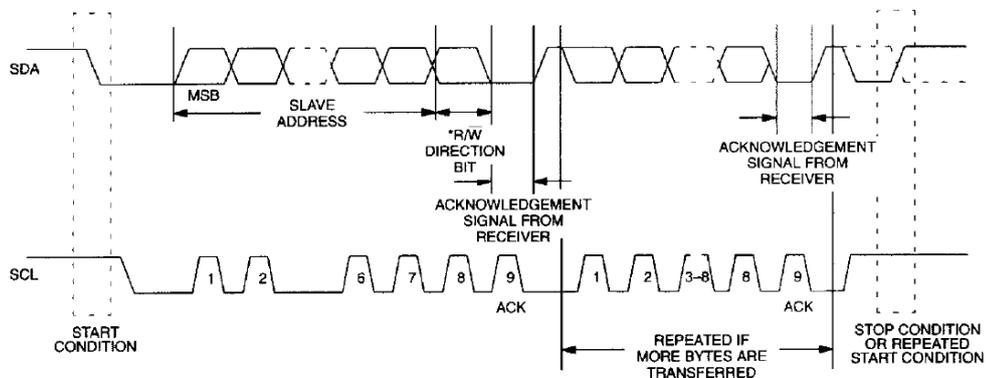
**VCC** adalah pin untuk mencatu tegangan 5V.

Perangkat ini memiliki beberapa fitur, yaitu *real-time clock* menyimpan data-data detik, menit, jam, tanggal dan bulan dalam seminggu, dan tahun *valid* hingga 2100. Tanggal yang dicatat atau direkam oleh DS1307 menyediakan informasi

detik, menit, jam, tanggal, bulan dan tahun. Akhir dari tanggal otomatis diatur untuk bulan dengan kurang dari pada 31 hari, termasuk koreksi tahun kabisat. *Clock* dapat mengoperasikan dalam format 24 jam atau 12 jam dengan indikator AM/PM (Jarin, 2008). DS1307 memiliki penyimpanan RAM (*Random Access Memory*) *Nonvolatile*. Komunikasi antarmuka *serial Two-wire* (I2C), menghasilkan sinyal keluaran gelombang kotak terprogram (*Programmable squarewave*). Untuk penggunaan daya kurang dari 500nA menggunakan *mode* baterai cadangan dengan operasional osilator (Pracoyo, 2008).

### 2.3.12 Inter-Integrated Circuit (I2C)

I2C merupakan singkatan dari *Inter – Integrated Circuit* yang merupakan protokol pada *multi-master serial computer bus* yang diciptakan oleh Philips untuk berkomunikasi dengan perangkat *low speed*. Jalur I2C bus hanya merupakan 2 jalur yang disebut dengan *SDA line* dan *SCL line*. *SCL line* merupakan jalur untuk *clock* dan *SDA* lain merupakan jalur untuk data. Semua peralatan yang akan digunakan dihubungkan seluruhnya pada jalur *SDA line* dan *SCL line* dari I2C tersebut.

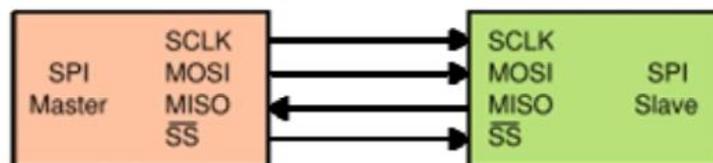


**Gambar 2.11** Kominukasi SDA dan SCL (Datasheet RTC DS1307)

Jenis komunikasi yang dilakukan antar peralatan dengan menggunakan protokol I2C, protokol ini mempunyai sifat *serial synchronus half duplex bidirectional*. Data yang ditransmisikan dan diterima hanya melalui satu jalur data *SDA line* (bersifat *serial*). Setiap penggunaan jalur data bergantian antar perangkat (bersifat *half duplex*) data dapat ditransmisikan dari dan ke sebuah perangkat (bersifat *bidirectional*). Sumber *clock* yang digunakan pada I2C bus hanya berasal dari satu perangkat melalui jalur *clock SCL line* (bersifat *synchronouos*) (Surya, 2007).

### 2.3.13 Komunikasi Data *Serial peripheral Interface Bus* (SPI)

*Serial peripheral interface bus* (SPI) merupakan salah satu metode pengiriman data dari suatu devais ke devais lainnya. Metode ini merupakan metode yang bekerja pada metode *full duplex* dan merupakan standar sinkronasi serial data *link* yang dikembangkan oleh Motorola. Pada SPI, devais dibagi menjadi dua bagian yaitu *master* dan *slave* dengan *master* sebagai devais yang menginisiasi pengiriman data. Dalam aplikasinya, sebuah master dapat digunakan untuk mengatur pengiriman data dari atau ke beberapa *slave* sekaligus. Kadang-kadang, SPI disebut juga dengan “*four wire*” *serial bus* untuk membedakannya dengan *bus* serial tiga, dua, dan satu kebel.



**Gambar 2.12** Pin-pin penghubung pada SPI (Mutohar, 2008)

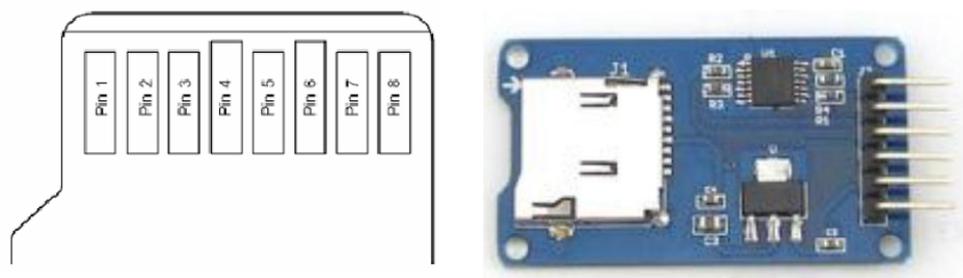
Komunikasi *serial* data antara *master* dan *slave* pada SPI diatur melalui 4 buah pin yang terdiri dari SCLK, MOSI, MISO, dan SS. Berikut ini adalah penjelasan singkat mengenai keempat pin yaitu sebagai berikut.

- a. *Serial clock* (SCLK) merupakan data biner yang keluar dari *master* ke *slave* yang berfungsi sebagai *clock* dengan frekuensi tertentu. *Clock* merupakan salah satu komponen prosedur komunikasi data SPI. Dalam beberapa devais, istilah yang digunakan untuk pin ini adalah SCK.
- b. *Master out slave input* (MOSI) merupakan pin yang berfungsi sebagai jalur data pada saat data keluar dari *master* dan masuk ke dalam *slave*. Istilah lain untuk pin ini antara lain SIMO, SDI, DI, dan SI.
- c. *Master input slave output* (MISO) merupakan pin yang berfungsi sebagai jalur data yang keluar dari *slave* dan masuk ke dalam *master*. Istilah lain untuk pin ini adalah SOMI, SDO, DO, dan SO.
- d. *Slave select* (SS) merupakan pin yang berfungsi untuk mengaktifkan *slave* sehingga pengiriman data hanya dapat dilakukan jika *slave* dalam keadaan aktif (*active low*). Istilah lain untuk SS antara lain CS (*chip select*), nCS, nSS, dan STE (*slave transmit enable*).

Pin SCLK, MOSI, dan SS merupakan pin dengan arah pengiriman data dari *master* ke *slave*. Sebaliknya, MISO mempunyai arah komunikasi data dari *slave* ke *master*. Pengaturan hubungan antara pin SDO dan SDI harus sesuai dengan ketentuan. Pin SDO pada *master* harus dihubungkan dengan pin SDI pada *slave*, begitu juga sebaliknya (Mutohar, 2008).

### 2.3.14 Media Penyimpanan/Perekaman Data

Perekam data merupakan alat berukuran kecil yang dapat dihubungkan dengan sejumlah sensor, yang dapat mencuplik sinyal sensor, mengubah sinyal tersebut dari bentuk *analog* ke dalam bentuk digital, mengolah sinyal digital berdasarkan kemauan pengguna, menyimpan data pada waktu yang telah ditentukan atau tergantung perintah eksternal serta mengirim data ke perangkat lain (Brock and Richardson, 2001). Perekam data dapat melakukan *monitoring* sekaligus penyimpanan data pengalamatan dari suatu objek tertentu, dalam kurun waktu tertentu, dan dengan sampling data tertentu dari suatu plant (Sumiharto, 2010). Selain itu perekam data juga berfungsi untuk mengolah data input serta memberikan output berupa *file* data yang disimpan di dalam suatu memori (Santoso, 2012). Media penyimpanan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *micro Secure Digital (Micro SD)*. *Micro SD Card* adalah kartu *flash* memori yang dirancang untuk memenuhi keamanan, kapasitas, kinerja, dan persyaratan lingkungan untuk digunakan dalam audio, perangkat elektronik video dan lain-lain. Komunikasi kartu *micro SD* didasarkan pada muka 8 pin *interface*, (*clock command*, 4x Data dan 2x saluran catu daya). Selain itu antarmuka *host micro SD Memory Card* mendukung operasi *Multi Media Card*.



**Gambar 2.13** Konektor pin dan bentuk dari *micro SD*  
(*Datasheet micro SD*, 2012)

Keterangan pin pada *micro* SD ditunjukkan pada Tabel 2.2 berikut:

**Tabel 2.2** Definisi pin konektor pada *micro* SD (*datasheet micro SD*, 2012).

Pin	Nama	Tipe	Deskripsi <i>micro</i> SD
1	DAT2	I/O	<i>Card detext/Data Line [Bit3]</i>
2	CD/DAT3	I/O	<i>Sard detext / Data Line</i>
3	CMD	PP	<i>Command / Response</i>
4	VDD	S	<i>Supply voltage</i>
5	CLK	I	<i>Clock</i>
6	Vss	S	<i>Supply voltage ground</i>
7	DAT0	I/O	<i>Data Line [Bit 0]</i>
8	DAT1	I/O	<i>Data Line [Bit1]</i>

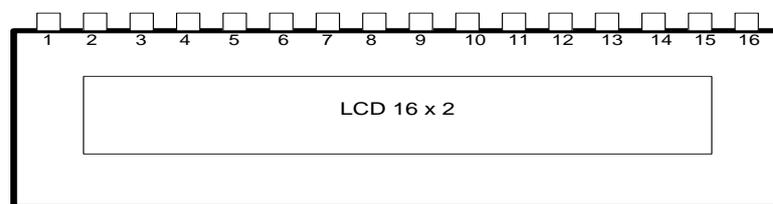
### 2.3.15 *Liquid Crystal Display (LCD)*

*Liquid Crystal Display (LCD)* adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD tersusun dari titik cahaya yang terbuat dari satu buah kristal cair untuk setiap titik cahayanya.

M1632 merupakan modul LCD dengan tampilan 16 x 2 baris dengan konsumsi daya yang rendah. Modul ini dilengkapi dengan mikrokontroler yang didesain khusus untuk mengendalikan LCD. Mikrokontroler HD44780 buatan Hitachi yang berfungsi sebagai pengendali LCD ini mempunyai CGROM (*Character Generator Read Only Memory*), CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*) dan DDRAM (*Display Data Random Access Memory*).

DDRAM merupakan memori tempat karakter yang ditampilkan berada. Contoh, untuk karakter 'A' atau 41H yang ditulis pada alamat 00, maka karakter tersebut akan tampil pada baris pertama dan kolom pertama dari LCD. Apabila karakter

tersebut ditulis di alamat 01, maka karakter tersebut akan tampil pada baris kedua kolom pertama dari LCD.



**Gambar 2.14** Konfigurasi pin LCD M1632 (*Seiko Instrumen Inc*)

Adapun keterangan pin dari LCD M1632 ditunjukkan pada Tabel 2.3 berikut:

**Tabel 2.3** Keterangan pin M1632 (*Seiko Instrumen Inc*)

Pin	Simbol	Logika	Keterangan
1	Vss	-	Catu Daya 0 Volt ( <i>Ground</i> )
2	Vcc	-	Catu Daya 5 Volt
3	Vee	-	Catu daya untuk LCD
4	RS	H/L	H: Masukan Data, L: Masukan Instruksi
5	R/W	H/L	H: Baca ( <i>Read</i> ), L: Tulis ( <i>Write</i> )
6	E	H/L (L)	<i>Enable Signal</i>
7	DB0	H/L	Data Bit 0
8	DB1	H/L	Data Bit 1
9	DB2	H/L	Data Bit 2
10	DB3	H/L	Data Bit 3
11	DB4	H/L	Data Bit 4
12	DB5	H/L	Data Bit 5
13	DB6	H/L	Data Bit 6
14	DB7	H/L	Data Bit 7
15	V+ BL	-	<i>Backlight</i> 4-4,2 Volt ; 50-200 mA
16	V- BL	-	<i>Backlight</i> 0 Volt ( <i>ground</i> )

CGRAM merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter di mana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai keinginan. Namun memori

ini akan hilang saat *power supply* tidak aktif, sehingga pola karakter akan hilang. CGROM adalah merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter di mana pola tersebut sudah ditentukan secara permanen dari HD44780 sehingga pengguna tidak dapat mengubah lagi. Namun karena ROM bersifat permanen, maka pola karakter tersebut tidak akan hilang walaupun *power supply* tidak aktif (*Datasheet M1632*).

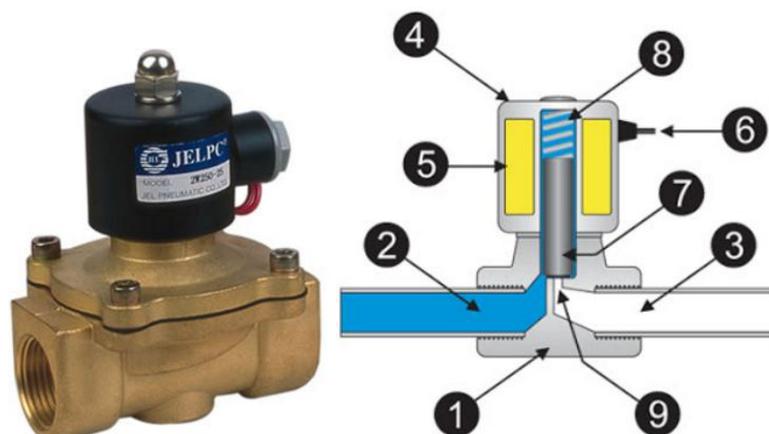
LCD M1632 mempunyai karakteristik sebagai berikut.

- a. 16 karakter, dua baris tampilan kristal cair (LCD) dari matriks titik.
- b. *Duty Ratio* : 1/16.
- c. ROM pembangkit karakter untuk 192 tipe karakter (bentuk karakter 5 x 7 matriks titik).
- d. Mempunyai dua jenis RAM yaitu, RAM pembangkit karakter dan RAM data tampilan.
- e. RAM pembangkit karakter untuk 8 tipe karakter program tulis dengan bentuk 5 x 7 matrik titik.
- f. RAM data tampilan dengan bentuk 80 x 8 matrik titik (maksimum 80 karakter).
- g. Mempunyai pembangkit *clock* internal.
- h. Sumber tegangan tunggal +5 Volt.
- i. Rangkaian otomatis *reset* saat daya dinyalakan.
- j. Jangkauan suhu pengoperasian 0 sampai 50 derajat.

(*Datasheet LCD M1623 Seiko Instrumen Inc*).

### 2.3.16 Valve Solenoid

*Solenoid valve* merupakan katup yang dikendalikan dengan arus listrik baik AC maupun DC melalui kumparan / selenoida. *Solenoid valve* ini merupakan elemen kontrol yang paling sering digunakan dalam sistem fluida. Seperti pada sistem pneumatik, sistem hidrolik ataupun pada sistem kontrol mesin yang membutuhkan elemen kontrol otomatis (Dermanto, 2013). Pada penelitian ini *valve* solenoida digunakan untuk mengalirkan dan memutuskan aliran air hujan yang tertampung di dalam tabung penyimpanan. Penggambaran *valve solenoida* ditunjukkan pada Gambar 2.15.



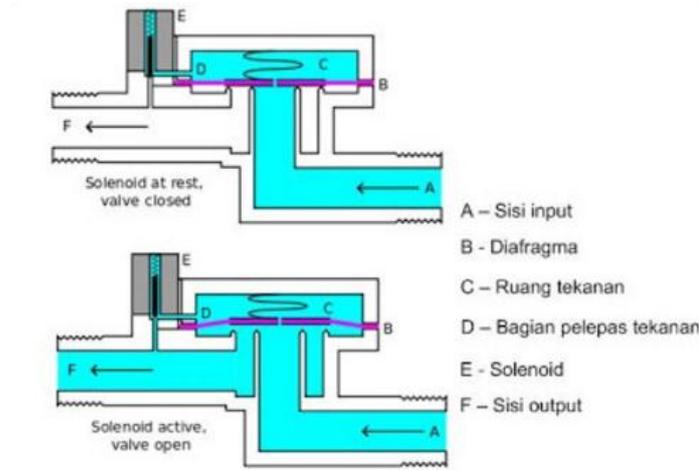
**Gambar 2.15** Valve solenoida dan keterangannya (Syaryadhi, 2007)

Keterangan pada Gambar 2.15.

- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 1. Valve Body                               | 6. Kabel <i>supply</i> tegangan |
| 2. Terminal masukan ( <i>Inlet Port</i> )   | 7. <i>Plunger</i>               |
| 3. Terminal keluaran ( <i>Outlet Port</i> ) | 8. <i>Spring</i>                |
| 4. Koil / koil solenoid                     | 9. Lubang / <i>exhaust</i>      |
| 5. Kumparan gulungan                        |                                 |

Prinsip kerja dari solenoid *valve*/katup solenoida yaitu katup listrik yang mempunyai koil sebagai penggeraknya dimana ketika koil mendapat *supply*

tegangan maka koil tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan piston pada bagian dalamnya ketika piston berpindah posisi maka pada lubang keluaran dari *solenoid valve* akan keluar cairan yang berasal dari *supply*, pada umumnya *solenoid valve* mempunyai tegangan kerja 100/200 VAC namun ada juga yang mempunyai tegangan kerja DC.



**Gambar 2.16** Prinsip kerja *valve* solenoida (Syaryadhi, 2007)

Aplikasi standar dari *solenoid valve* biasanya menghendaki bahwa kran dipasang langsung pada saluran pipa atau pada pertengahan pipa yang menghubungkan air masuk dengan air keluar. Badan kran biasanya kuningan yang ditempa. Dianjurkan menggunakan saringan untuk mencegah pasir halus atau kotoran dari rumah pada lubang mulut dan menyebabkan kebocoran. Kran harus dipasang dengan arah aliran sesuai dengan anak panah yang tercetak pada sisi bodi kran, atau tanda “IN” dan “OUT” pada hubungan pipa. *Solenoid valve* cocok untuk menangani aliran pada satu arah saja. Dengan tekanan yang diberikan pada bagian atas dari piringan kran (Syaryadhi, 2007).

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2017 hingga Juni 2017. Perancangan dan pembuatan alat serta pengambilan data akan dilaksanakan di Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung dan pengambilan data dilakukan di Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Bandara Radin Inten II Lampung Selatan.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian hujan adalah sebagai berikut.

- a. *Personal computer* (PC) digunakan untuk membuat program dan mentransmisikannya ke Arduino Uno.
- b. Gelas ukur untuk mengukur volume air hujan yang tertampung di dalam tangki.
- c. Wadah berbentuk tabung sebagai penampung utama air hujan.
- d. Multimeter digital untuk mengukur arus (A), resistansi (R), tegangan AC dan DC serta untuk mengecek komponen-komponen elektronika pada rangkaian alat.

- e. Penyedot timah untuk membuang timah pada PCB yang tidak terpakai.
- f. Bor listrik untuk melubangi PCB.
- g. Solder listrik untuk melelehkan timah agar komponen elektronika dapat melekat di papan PCB.
- h. Gergaji digunakan untuk memotong PCB.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut.

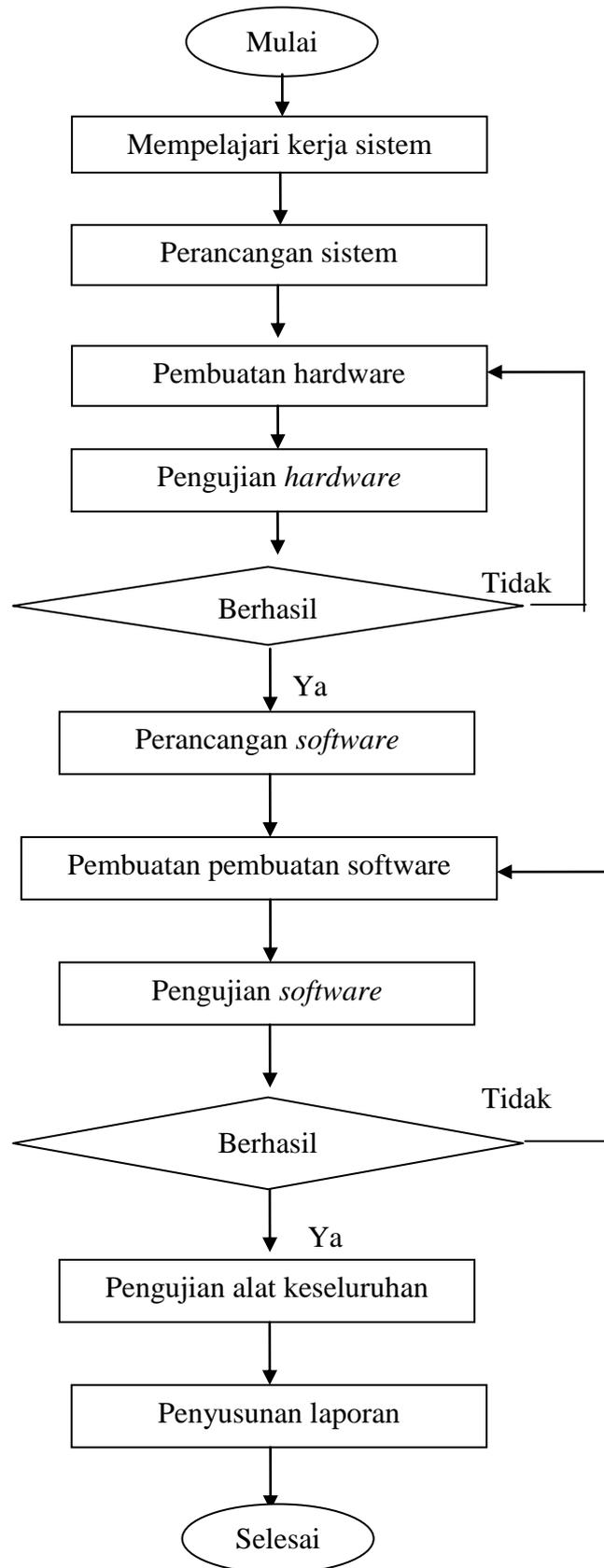
- a. Fototransistor digunakan sebagai sensor untuk mendeteksi perubahan volume air hujan
- b. Arduino Uno sebagai prosesor utama pada rangkaian alat.
- c. *Liquid Crystal Display* (LCD) yang digunakan untuk menampilkan nilai curah hujan.
- d. Adaptor *micro* SD digunakan pada rangkaian *micro* SD.
- e. *Micro* SD sebagai media penyimpanan data yang dikirimkan dari Arduino Uno.
- f. *Real Time Clock* (RTC) sebagai sistem pewaktuan yang mengatur waktu dan tanggal dalam proses penyimpanan data.
- g. *Valve solenoid* sebagai kran air hujan ketika air hujan keluar dari corong/tangki penampung.
- h. XTAL 32,768 KHz sebagai sumber detak.
- i. Resistor untuk menghambat arus.
- j. Transistor TIP120 digunakan pada rangkaian *driver valve solenoid*.
- k. Dioda 1N4001 digunakan pada rangkaian *driver*.
- l. *Accumulator* sebagai sumber tegangan.
- m. Timah untuk merekatkan komponen pada papan PCB.

- n. *Jumper* digunakan pada rangkaian agar dapat terhubung.
- o. Papan PCB untuk menghubungkan komponen-komponen elektronika pada rangkaian.
- p. LED sebagai detektor cahaya yang akan ditangkap oleh fototransistor.
- q. Tabung digunakan untuk menyimpan air hujan.
- r. Kabel *male to female* untuk menghubungkan rangkaian ke Arduino Uno.

### 3.3 Posedur Penelitian

Untuk merealisasikan perancangan alat ukur curah hujan dilakukan dalam beberapa langkah untuk mengetahui tahapan-tahapan pembuatan alat hingga selesai. Untuk secara keseluruhan, rancangan pembuatan alat ukur curah hujan ini disajikan dalam diagram alir kerja seperti pada Gambar 3.1. Diagram alir ini menunjukkan pembuatan alat terdiri dari dua tahap yaitu tahap pembuatan *hardware* dan tahap perancangan *software*.

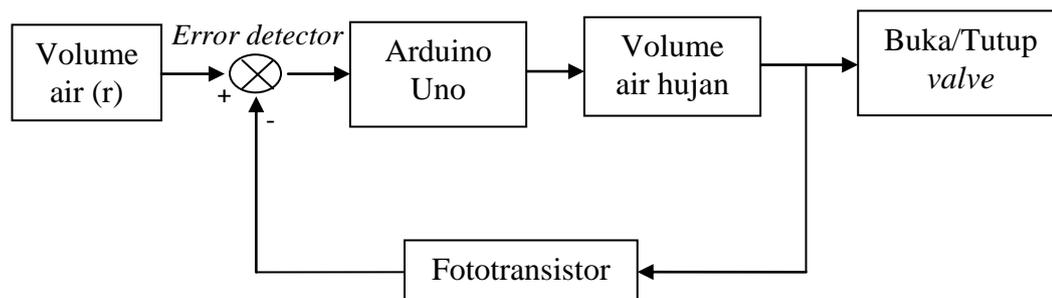
Tujuan dilakukannya dua tahap pembuatan alat ini yang terdiri dari *hardware* dan *software* yaitu agar dapat menghasilkan alat ukur yang sesuai. Setelah mempelajari dan memahami sistem kerja alat yang akan dibuat, selanjutnya membuat rancangan sistem dengan melakukan pembuatan *hardware* atau perangkat keras dari alat. Kemudian menguji perangkat keras yang dihasilkan dapat bekerja dengan baik atau tidak. Perangkat keras telah terealisasi dan berfungsi dengan baik, selanjutnya membuat perancangan *software*. Perancangan *software* ini akan membantu penggunaan perangkat keras (*hardwere*). Jika keduanya telah berhasil dan berfungsi dengan baik, maka dilakukan pengujian alat secara keseluruhan dan penyusunan laporan.



**Gambar 3.1** Diagram alir realisasi alat

### 3.3.1 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras pada alat ukur curah hujan ini terdiri dari sistem pengendalian dan akuisisi data. Skema sistem pengendalian pada alat ditunjukkan oleh diagram blok Gambar 3.2 berikut:

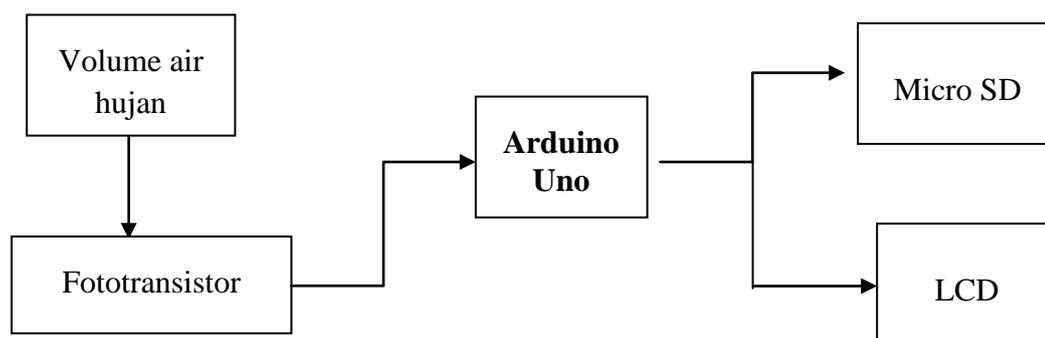


**Gambar 3.2** Diagram blok sistem pengendalian

Berdasarkan diagram blok sistem pengendalian pada Gambar 3.2, air hujan yang turun akan ditampung oleh sebuah corong yang berada di dalam sebuah tabung penampung. Pertambahan volume/massa air hujan yang tertampung dalam tabung akan terukur oleh timbangan. Pertambahan volume di dalam tabung ini akan menggerakkan tabung ke arah bawah, sehingga mengakibatkan LED mendekati sensor dengan intensitas cahaya tertentu. Intensitas cahaya LED akan diukur oleh sensor fototransistor sebagai perubahan massa/volume air yang tertampung. Selanjutnya besaran/keluaran yang dihasilkan fototransistor berbeda-beda sesuai massa/volume air yang terukur. Perubahan nilai ini kemudian akan dikonversi nilainya oleh Arduino Uno. Arduino Uno pada rangkaian alat ini sebagai pemroses utamanya, nilai yang dikonversi oleh arduino akan dioutputkan ke LCD dan disimpan oleh *micro SD*. Siklus seperti ini akan terus berkelanjutan hingga volume air yang tertampung di dalam tabung mencapai 500 ml. Dalam keadaan tersebut secara otomatis *valve solenoid* 1 dibagian atas tabung akan menutup,

sedangkan *valve solenoid 2* akan membuka untuk mengeluarkan air yang tertampung dalam tabung. Selain itu, Arduino Uno juga mendapat *input* lain yaitu dari *real time counter* (RTC) sebagai pewaktuan dalam pengambilan data.

Diagram blok untuk sistem akuisisi data dalam alat ukur digambarkan pada Gambar 3.3 berikut:

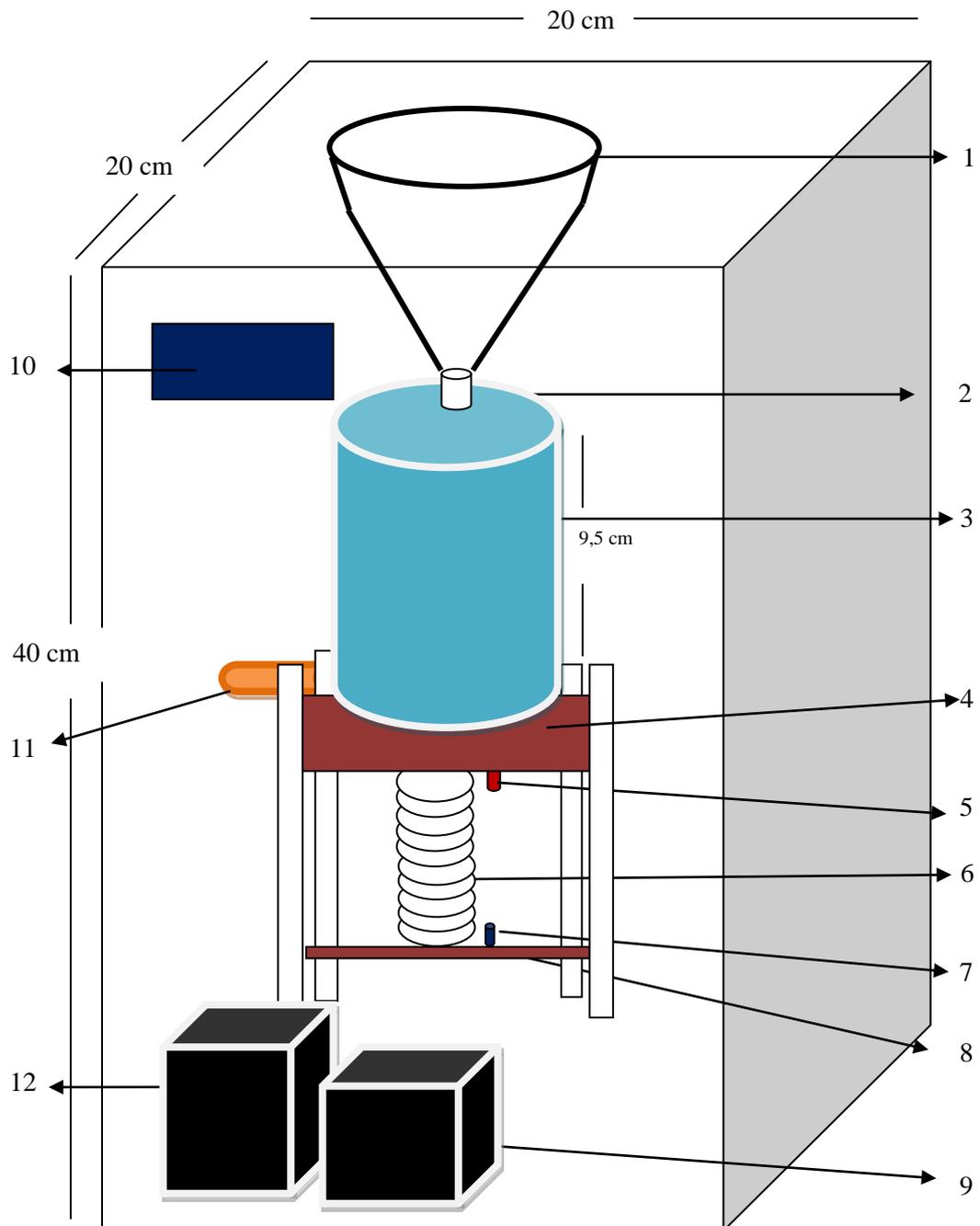


**Gambar 3.3** Diagram blok sistem akuisisi data

Berdasarkan Gambar 3.3 sistem akuisisi data dari perancangan alat ukur hujan menjelaskan bahwa dari volume air hujan yang tertampung akan memberikan nilai yang terukur dengan memanfaatkan sensor fototransistor. Keluaran dari fototransistor akan terbaca oleh Arduino Uno setelah melewati rangkaian pengondisi sinyal Arduino. Nilai analog yang dihasilkan sensor akan dibaca oleh ADC arduino dan diteruskan ke *micro* SD untuk disimpan dan ditampilkan menggunakan LCD.

Prinsip kerja alat ukur ini secara keseluruhan pada intinya menggunakan metode timbangan, timbangan ini digunakan sebagai salah satu metode yang didalamnya memanfaatkan komponen lain yaitu LED dan sensor fototransistor. Fototransistor akan menangkap intensitas cahaya yang dipancarkan LED sebagai perubahan

volume air hujan yang tertampung dalam tabung/tangki. Keluaran yang dihasilkan fototransistor akan masuk ke rangkaian pengondisi sinyal atau rangkaian ADC Arduino. Rangkaian ADC yang terdapat pada rangkaian Arduino akan mengkonversi sinyal analog menjadi sinyal digital dengan menggunakan persamaan tegangan pada program Arduino sehingga menjadi volume dan curah hujan. Data yang telah diproses oleh Arduino akan ditampilkan di LCD dan disimpan di dalam *micro SD*. Ketika volume air hujan yang tertampung dalam tabung mencapai 500 ml maka secara otomatis *valve solenoid 1* tertutup dan *valve solenoid 2* akan terbuka untuk membuang air yang tertampung. Rancangan realisasi alat digambarkan pada Gambar 3.4 berikut:



- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| 1. Tutup tabung (corong)    | 8. Penyangga timbangan bawah  |
| 2. <i>Valve</i> solenoida 1 | 9. Rangkaian Arduino Uno, RTC, <i>micro</i> SD, <i>valve</i> solenoid |
| 3. Tabung (diameter 8,5 cm) | 10. LCD   |
| 4. Penampung timbangan      | 11. <i>Valve</i> solenoida 2  |
| 5. LED                      | 12. <i>Accumulator</i>  |
| 6. Pegas                    |   |
| 7. Fototransistor           |   |

**Gambar 3.4** Skema rancangan alat ukur curah hujan

Penjelasan dan keterangan komponen pada rancangan perangkat keras alat ukur curah hujan dijelaskan pada Gambar 3.4 yang digambarkan dengan perbandingan 10 : 3 dengan skala sebenarnya.

Luas mulut corong bagian atas sebesar 100 cm<sup>2</sup> (diameter 11,3 cm). Menurut BMKG, untuk pengukuran curah hujan volume maksimum yang mampu ditampung tabung ketika telah mencapai tingkat curah hujan sebesar 25 mm. Dengan tabung atau tangki penampung memiliki kapasitas 300-500 ml curah hujan. Perhitungan curah hujan pada penelitian ini menggunakan perhitungan yang sama dengan BMKG dengan alat observatorium. Perhitungan alat ukur curah hujan tipe Obs ini yaitu volume hujan yang tertampung dibagi dengan luas permukaan corong. Perhitungan curah hujan harian dilakukan dengan curah hujan yang terukur per waktu. Perhitungan curah hujan menurut BMKG tersebut dijelaskan pada persamaan berikut.

$$h = \frac{h_1}{t} \quad (3.1)$$

$$h_1 = \frac{V}{A} \quad (3.2)$$

dengan:

$$\rho = \frac{m}{V} \longrightarrow V = \frac{m}{\rho}$$

Sehingga persamaan 3.2 menjadi:

$$h_1 = \frac{m}{\rho A} \quad (3.3)$$

A merupakan luas permukaan corong, karena permukaan corong berbentuk lingkaran dimana  $A = \pi r^2$  maka:

$$h_1 = \frac{m}{\rho \pi r^2} \quad (3.4)$$

dengan:  $V =$  volume (ml);

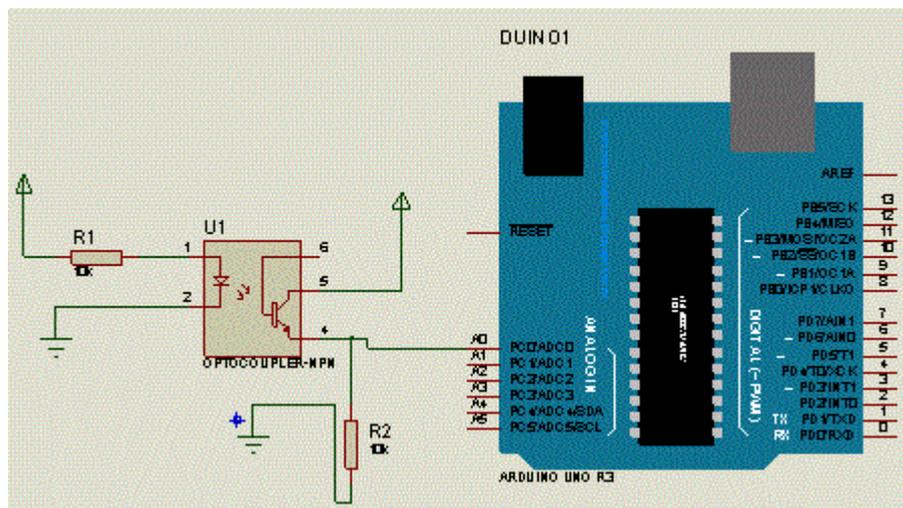
$t$  = waktu (jam);  
 $m$  = massa (gr);  
 $r$  = jari-jari permukaan corong (cm);  
 $\rho$  = massa jenis air hujan (gr/cm<sup>2</sup>);  
 $h$  = curah hujan (mm/jam);  
 $h_1$  = curah hujan<sub>1</sub>.

## 1. Sumber Tegangan

Realisasi pembuatan alat ukur ini, menggunakan sumber tegangan jenis konverter DC/DC yang mengubah tegangan dari sumber DC. Sumber tegangan yang digunakan merupakan sumber tegangan *accumulator* dengan tipe konversi DC/DC. Memiliki tegangan sebesar 12 Volt dengan kapasitas panas 5000 mAh. Penelitian ini menggunakan Arduino Uno dengan tegangan 5 V dan *valve soleoid* sebesar 12 V.

## 2. Rangkaian Fototransistor

Penelitian ini menggunakan fototransistor sebagai sensor deteksi perubahan volume air. Adapun rangkaian fototransistor ditunjukkan pada Gambar 3.5.

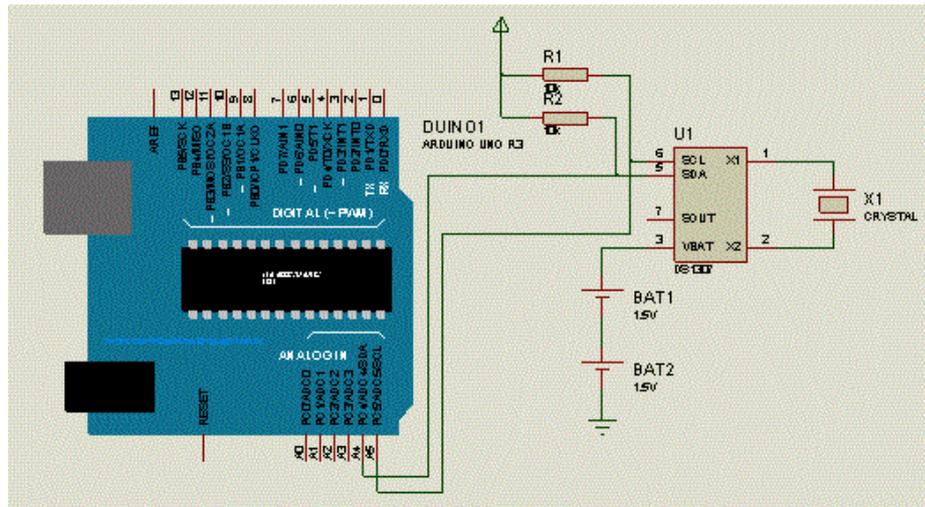


**Gambar 3.5** Rangkaian fototransistor

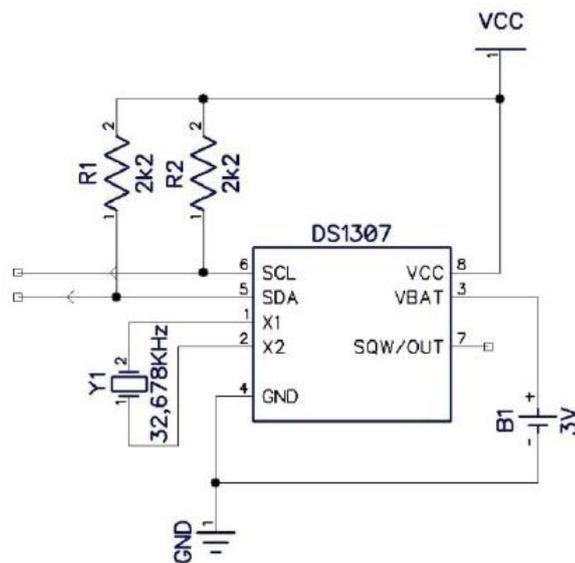
Fototransistor ini terdiri dari tiga buah pin, pin basis akan menerima intensitas cahaya yang dipancarkan LED. Intensitas cahaya yang dipancarkan LED mewakili nilai volume air hujan yang tertampung akan dikonversikan menjadi tegangan. Tegangan keluaran dari sensor akan terbaca menggunakan program Arduino. Pada rangkaian ini menggunakan inputan daya sebesar 5 V, dua buah resistor, fototransistor dan satu LED. Dua buah resistor digunakan untuk pembagi tegangan dalam rangkaian. Basis transistor mendapat inputan berupa cahaya yang dipancarkan oleh LED, dan kolektor sebagai keluaran tegangan dari rangkaian. Fototransistor yang digunakan pada penelitian ini yaitu jenis transistor bipolar NPN dengan sambungan kolektor-basis PN yang peka terhadap cahaya.

### **3. Rancangan Rangkaian Arduino Uno dengan RTC**

Rangkaian RTC yang digunakan merupakan DC1307. Pada RTC DC1307 berkomunikasi dengan dua jalur yaitu SCL dan SDA. Untuk komunikasi SCL dihubungkan dengan pin 5 Arduino sedangkan SDA dihubungkan dengan pin 4 Arduino. Pada Gambar 3.6 berikut menunjukkan skematik rangkaian yang menghubungkan Arduino dengan RTC DC1307.



**Gambar 3.6** Skematik rangkaian RTC DS1307 ke Arduino

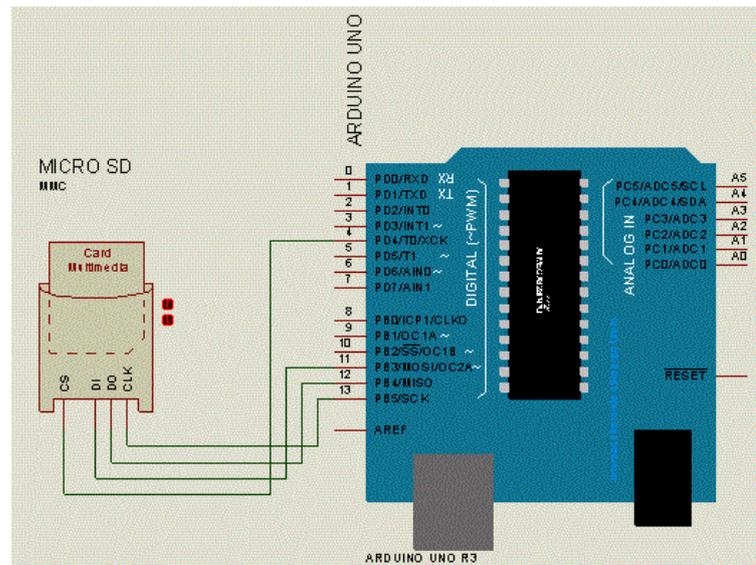


**Gambar 3.7** Rangkaian RTC DS1307

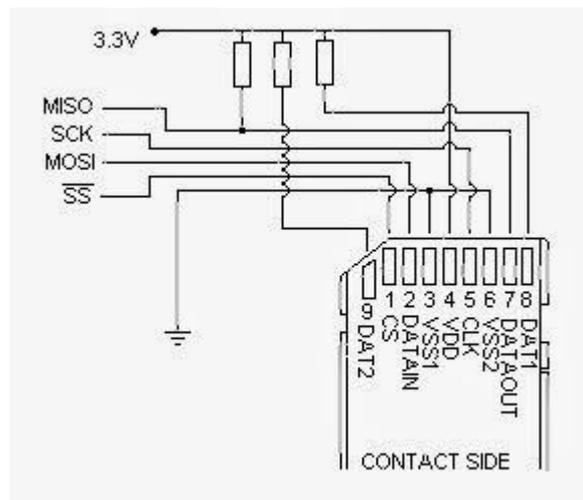
Gambar 3.7 rangkaian DS1307 menggunakan kristal dengan frekuensi 32,768 KHz sebagai pembangkit frekuensi osilator. Rangkaian RTC digunakan untuk menyimpan waktu dan tanggal, juga jam komputer berupa sirkuit terpadu sebagai pemeliharaan waktu.

#### 4. Rangkaian Arduino Uno dengan *Micro SD*

*Micro SD* digunakan untuk media penyimpanan data dari hasil pengukuran. Kapasitas *micro SD* yang digunakan sebesar 2 *Gigabyte*, pada Gambar 3.8 menunjukkan skematik rangkaian antara Arduino dengan *micro SD*.



**Gambar 3.8** Skematik rangkaian Arduino dengan *micro SD*



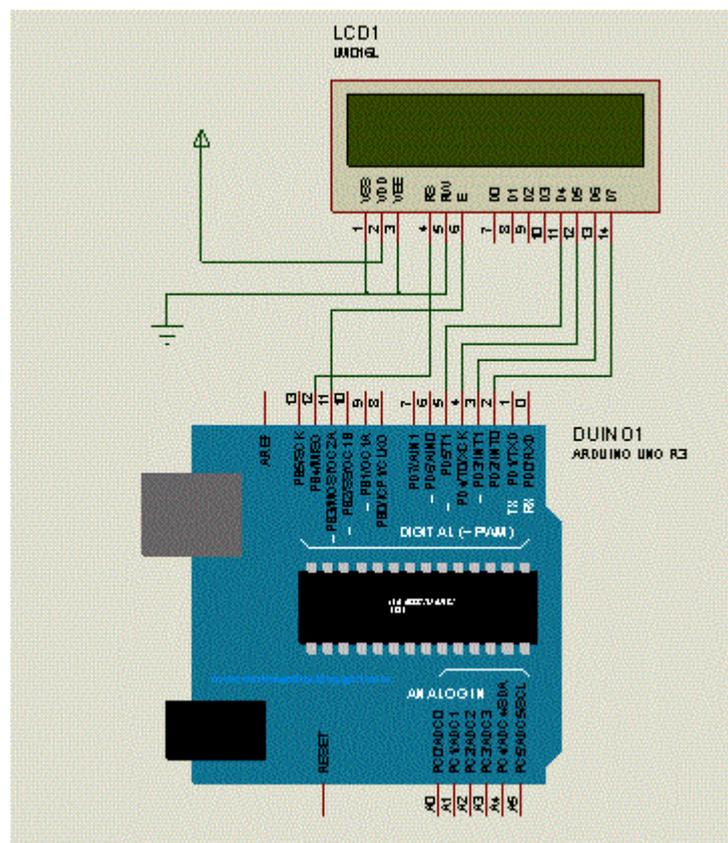
**Gambar 3.9** Skematik rangkaian *micro SD*

Arduino Uno menggunakan komunikasi *serial Peripheral Interface* (SPI) seperti yang terlihat pada Gambar 3.9. Komunikasi yang digunakan menggunakan

beberapa jalur pada *micro* SD dan Arduino. Jalur MISO dihubungkan dengan pin 12 Arduino, jalur SK dihubungkan dengan pin 13 Arduino, jalur SS dihubungkan dengan pin 4 Arduino, dan MOSI dihubungkan dengan pin 11 Arduino.

## 5. Rangkaian Arduino dengan LCD

Data hasil pengukuran pada penelitian ini selain disimpan pada *micro* SD, juga akan ditampilkan pada LCD. Rangkaian Arduino yang dihubungkan dengan LCD digambarkan pada Gambar 3.10.



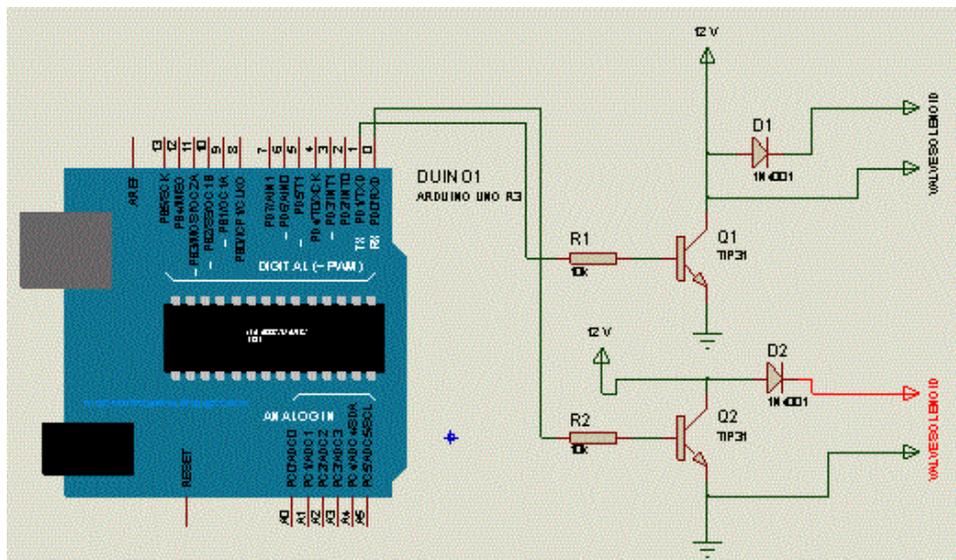
**Gambar 3.10** Skematik rangkaian Arduino dengan LCD

LCD yang digunakan merupakan LCD 16x2, pin *Enable* (E) LCD dihubungkan pada pin 11 digital Arduino. Pin *Register Select* (RS) LCD dihubungkan dengan pin 12 Arduino, sedangkan pin *Read/Write* (RW) dihubungkan dengan *ground*.

Kemudian untuk pin data bus yang digunakan yaitu pin D4-D7 LCD dihubungkan dengan PD2-PD5 pin digital Arduino.

## 6. Rangkaian Arduino dengan *valve solenoid*

*Valve solenoid* digunakan sebagai jalur keluarnya air hujan yang tertampung ketika volume air hujan penuh. Rangkaian Arduino yang dihubungkan dengan *valve solenoid* digambarkan pada Gambar 3.11 berikut.

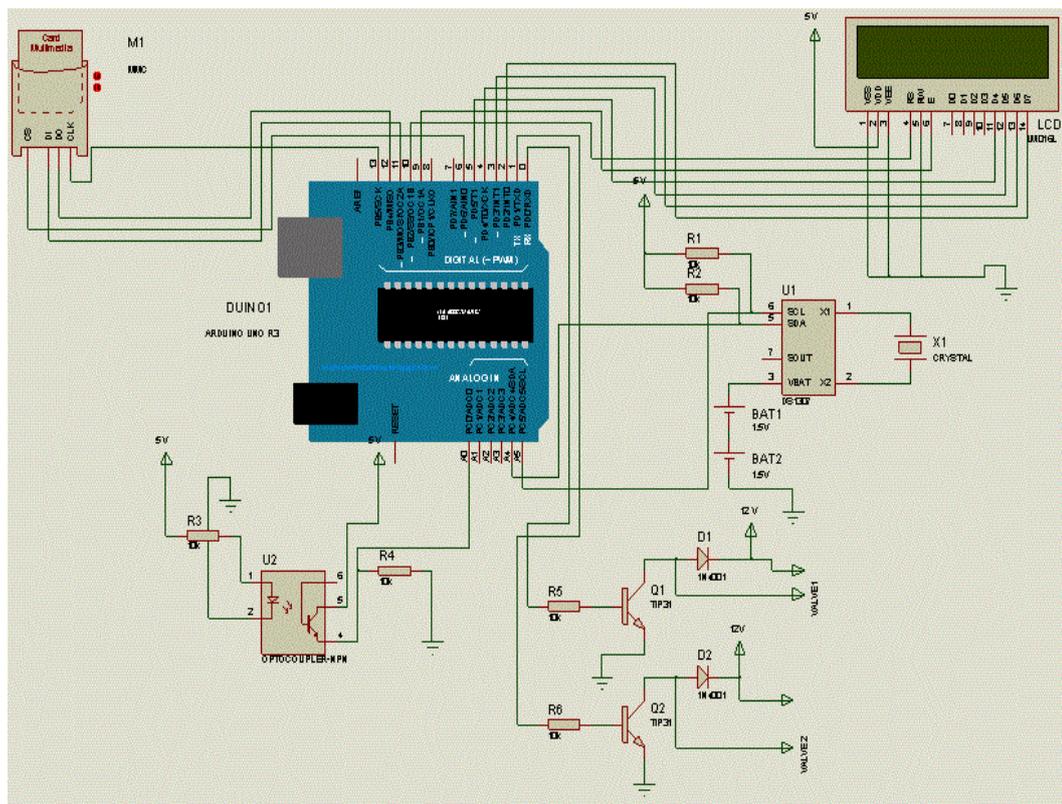


**Gambar 3.11** Skematik rangkaian Arduino dengan *valve solenoid*

Pada Gambar 3.11 Pin Arduino yang dihubungkan dengan *valve solenoid* yaitu pin 0 dengan *valve1* dan pin 1 dengan *valve 2*. Rangkaian pada gambar adalah *driver* yang digunakan untuk menggerakkan dua buah *valve solenoid*. Jenis *valve* yang digunakan yaitu *valve solenoid 12 V 1/2"*, *valve* jenis ini memiliki *range* tekanan operasi 0,02 – 0,8 Mpa dengan umur pakai lebih dari 200.000 langkah.

## 7. Rangkaian Keseluruhan

Rangkaian keseluruhan terdiri dari semua komponen rangkaian yang digunakan untuk menjalankan alat. Diantaranya penggabungan rangkaian Arduino Uno dengan *valve solenoid*, *micro SD*, LCD, RTC DC1307, dan fototransistor. Adapun perancangan rangkaian keseluruhan digambarkan pada Gambar 3.12.

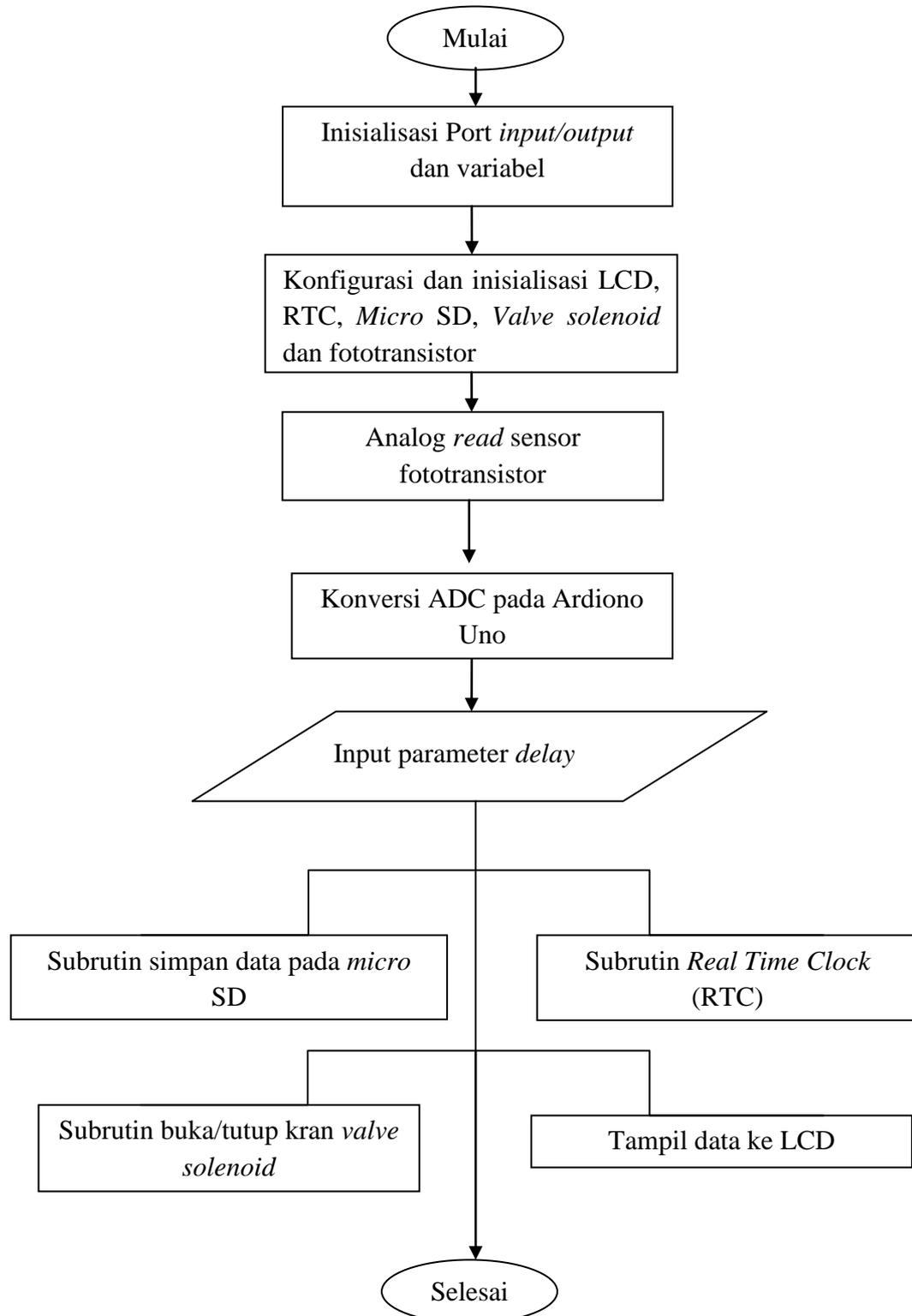


**Gambar 3.12** Rangkaian keseluruhan rancangan

### 3.3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak banyak digunakan untuk mendukung berjalannya kinerja perangkat keras yang dibuat. Untuk mendukung jalannya alat ukur yang akan dibuat menggunakan Arduino Uno, maka perangkat lunak yang digunakan

merupakan pemrograman Arduino. Diagram alir pembuatan rancangan perangkat lunak digambarkan pada Gambar 3.13.



**Gambar 3.13** Diagram alir sistem perangkat lunak

### 3.3.3 Rancangan Pengambilan Data

#### 1. Rancangan Tabel Pengamatan

Setelah rancangan perangkat keras dan perangkat lunak alat ukur curah hujan berhasil dibuat, selanjutnya dilakukan pengambilan data. Rancangan pengambilan data pada penelitian ini akan dilakukan dalam dua tahap. Pertama pengambilan data untuk menguji dan mengkalibrasi sensor yaitu fototransistor. Kedua pengambilan data pengukuran curah hujan.

**Tabel 3.1** Data Kalibrasi Fototransistor

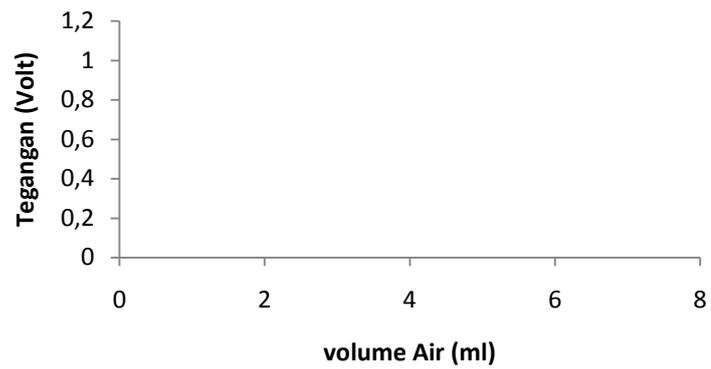
No	Volume Air (ml)	Tegangan (V)
1		
2		
3		
4		

**Tabel 3.2** Data Pengukuran Curah Hujan

No	Tanggal (DD/MM/YY)	Jam (HH:MM:SS)	Curah Hujan (mm)
1			
2			
3			
4			

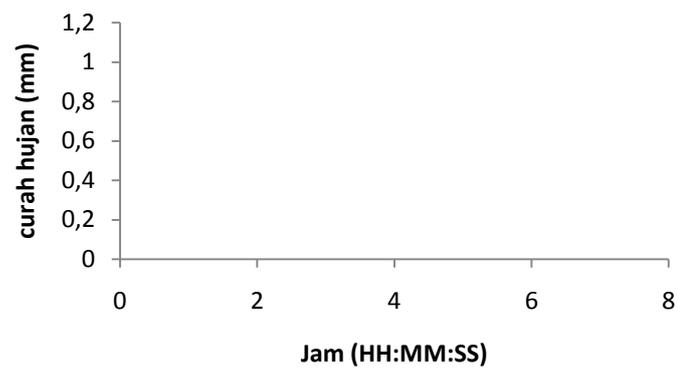
#### 2. Rancangan Grafik

Dari hasil pengujian alat, rancangan pembuatan grafik hubungan antara tegangan dengan volume air digambarkan pada Gambar 3.14 berikut:



**Gambar 3.14** Grafik hubungan tegangan terhadap volume air

Rancangan pembuatan grafik hubungan antara curah hujan dengan waktu digambarkan pada Gambar 3.18 berikut:



**Gambar 3.15** Grafik hubungan curah hujan terhadap waktu`

## **V. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Alat ukur curah hujan otomatis menggunakan sensor fototransistor dengan metode timbangan mampu mengukur perubahan kecil volume air hingga 2 ml.
2. Resolusi alat ukur curah hujan dengan menggunakan sensor fototransistor sebesar 0,19 mm.
3. Alat ukur curah hujan mampu membaca nilai curah hujan yang turun dengan kesalahan pengukuran (*error*) rata-rata sebesar 5,76% dengan melakukan perbandingan terhadap hasil pengukuran pada alat tipe Observatorium.

### **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan dalam merealisasikan alat ukur curah hujan ini terdapat beberapa kekurangan dan kendala. Untuk menyempurnakan alat ukur curah hujan ini, ada beberapa hal yang dijadikan saran untuk penelitian selanjutnya.

1. Pembuatan timbangan pada bagian penampang timbangan dibuat agar lebih statis, misalkan menggunakan empat buah pegas pada masing-masing sudut penampang.
2. Untuk penyimpanan data curah hujan ditambahkan dengan pengiriman data jarak jauh (telemetry) yaitu dengan penambahan *transmitter* dan *receiver*.
3. Menambahkan sumber tegangan yang dapat digunakan dalam waktu yang lama.
4. Menggunakan satu buah *valve solenoid* untuk keluar air saja agar intensitas curah hujan yang turun ketika hujan deras dapat terlihat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian, E. M Karmini. & Budiman. 2011. *Adaptasi dan Miti-gasi Perubahan Iklim di Indonesia, Pusat Perubahan Iklim dan Kualitas Udara BMKG*. ISBN-978-602-19508-0-7. 179pp.
- Aldrian, Edvin. 2001. Pembagian Iklim Indonesia Berdasarkan Pola Curah Hujan Dengan Metode Double Correlation. *Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca*. Vol 2, No 1, 2001 pp 11-18.
- Ariyus, Doni dan Andri, Rum. K.r. 2008. *Komunikasi Data Edisi 1*. Andi. Yogyakarta.
- Bayong, T. H. K. 2004. *Klimatologi*. ITB. Bandung.
- Biro Pusat Statistik. 2002. *Geografis dan Iklim Indonesia*. Jakarta.
- BMG. 2006. *Tata Cara Tetap Pelaksanaan Pengamatan dan Pelaporan Data Iklim dan Agroklimat*. Badan Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- BMKG, 2006. *Prakiraan Hujan Jawa Tengah*. DEPHUB. Semarang.
- Brock, F. V. dan Richardson S.J. 2001. *Meteorological Measurement System*. Oxford University Press US. New York.
- Calder, I.R and Rosier, P.T.W. 1976. *The Design of Large Plastik-Sheet Net-Rainfall Gauges*. Journal of Hydrology. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam. 30: pp 403-405.
- Chow, T. V., Maidnt, D.R and mays, L.W. 1988. *Applied Hydrologi*. McGraw-Hill International Edition. Singapore.
- Datasheet IC RTC DC1307. Dallas Semikonduktor.*
- Datasheet M1632.1987. Seiko Instrumen Inc.*
- Datasheet NTE3034A Phototransistor Detector. Electronics, Inc.*

- Dermanto, Trikueni. 2013. *Design Sistem Kontrol: Prinsip Kerja Valve solenoid..* //trikuenidarrmanto.blogspot.com. diunggah pada tanggal November 2016 pukul 10.32 WIB.
- Dipranoto, Alfian Rachman. 2010. Perhitungan Jumlah Kendaraan Pada Area Parkir Dengan Mikrokontroler AT89S51. *Skripsi*. Universitas Gunadarma. Depok.
- Durfee, W. 2011. *Arduino Microcontroller Guide*. University of Minnesota. Minnesota.
- Fraden, J. 1996. *Handbook of Modern Sensors*. Thermoscan, Inc. California.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Edisi Kelima Jilid 1*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Junaidin, Sefta M D . 2009. Realisasi Sistem Kontrol Penyeleksi Berat Benda Pada Makanan Kaleng Menggunakan PLC Siemens LOGO! 230 RC dan Detektor Massa Berbasis Sensor Optik. *Skripsi Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung*. Bandar Lampung.
- Kertasapoetra, A. G. 2008. *Pengaruh Iklim Terhadap Tanah dan Tanaman*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Kusbandono, Wisnu. 2010. *Pengertian Open Loop dan Close Loop*. <http://kusbandono.blogspot.com>.
- Lakitan, B. 1994. *Dasar – Dasar Klimatologi*. Rajawali Pers. Jakarta.
- Lister, Eugene C. 1993. *Mesin dan Rangkaian Listrik*. Erlangga. Jakarta.
- Maharani, Aldea Steffie. Budi, Setiyono dan Sumardi. 2011. Aplikasi Kontrol PID Untuk Pengendalian Ketinggian Level Cairan Dengan Menggunakan TCP/IP. *Makalah Seminar Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro*. Semarang.
- Micro SD Datasheet*. 2012. *Phisson* Elektronik.
- Mori, M., M. Aoyama, S. Doi, A. Kanetoshi and T. Hayashi. 1997. *Antifungal activity of bark extract of deciduous trees*. *Holz als Roh und Werkstoff* 55.Pp130–132.
- Muliantara, Agus. Ngurah Agus Sanjaya. 2015. Perancangan Alat Ukur Ketinggian Curah Hujan Otomatis Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer Universitas Udayana*. Universitas Udayana. ISSN 1979-5661.
- Mutohar, Amin. 2008. *Komunikasi Data SPI Pada Mikrokontroler MCS51*. Institut Teknologi Bandung (ITB). Bandung.

- Nababan, Samuel O dan Siregar, Plato Martuani .2012. *Otomatisasi Pengukuran Debit Sungai Dengan Mikrocontroller Arduino*. Program Studi Meteorologi Institut Teknologi Bandung (ITB). Bandung.
- Nurahayati. 2011. *Paket Modul Training of Trainer ( TOT ) Sekolah Lapang Iklim*. Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. Jakarta.
- Pracoyo, A. 2008. Mengakses Serial Real Time Clock (RTC) Dallas Tipe DC1307 dengan BASCOM Kompiler. *Jurnal Eltek*. Vol 6. No 1 pp 1-8.
- Santoso, Singgih. 2012. *Analisis SPSS pada Statistik Parametrik*. PT.Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Santoso, Budi. 2001. Karakteristik Hujan Kota Semarang: Pembangunan Kurva Intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF). *Jurnal Teknik Sipil Universitas katolik Soegijapranata*. Semarang.
- Sears, Francis W dan Zemansky, Mark W. 2002. *Fisika Universitas Edisi Ke Sepuluh Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.
- Setiawan, Rahmad. 2008. *Teknik Akuisisi Data*. Graha Ilmu. Yogyakarta
- Setiawan, Hendi. 2016. Rancang Bangun Data Logger Curah Hujan Berbasis Arduino. *Skripsi Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung*. Lampung.
- Siswanti. Ngasifudin dan Sudiono. 2006. Rancang Bangun Alat Ukuur Curah Hujan. Seminar Nasional II: SDM Teknologi Nuklir. Yogyakarta.
- Soerjani, et al. 1987. *Lingkungan: Sumber Daya alam dan Kependudukan Dalam Pembangunan*. Universitas Pendidikan Indonesia. Jakarta.
- Stallings, William. 2001. *Komunikasi Data Dan Komputer, Dasar-Dasar Komunikasi Data*. Salemba Teknika. Jakarta.
- Sudarmi, Sri dan Waluyo. 2008. *Galeri Pengetahuan Sosial Terpadu*. Pusat Perbukuan; Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.
- Sumiharto, R. 2010. Logger Suhu dan Kelembaban Udara Menggunakan Multi Media Card (MMC) Sebagai Media Penyimpanan. *Jurnal Nasional Fisika*. Jakarta.
- Surya, Frans. 2007. *I2C Protokol*.
- Susilowati dan Dyah I. K. 2010. Analisa Karakteristik Curah Hujan dan Kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF) di Propinsi Lampung. *Jurnal Rekayasa*. Vol 14 No1. pp 47-56.

- Syaryadhi, Mohd., et al. 2007. Sistem Berat Menggunakan Sensor Load Cell. *Jurnal Rekayasa Elektrika*. Vol 6 No 1.
- Tjasyono, B.HK. 2006. *Ilmu Kebumihan dan Antariksa*. PT. Remaja Rosdakarya dan Program Pascasarjana UPI. Bandung.
- Ulum, Afrida Hafizathul. 2015. Realisasi Alat Ukur Curah Hujan dengan Metode Timbangan Berbasis Mikrokontroler ATmega32 dan Penyimpanan Data Menggunakan Micro Secure Digital (Micro SD). *Skripsi Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung*. Lampung.
- Winarto. R. Handoyo dan Bambang Hari Priyambodo. 1991. Rancang Bangun Alat Ukur Curah Hujan elektronik. *Agritech*.
- World Meteorological Organization*. 1974. *International Glossary of Hydrology* (1st ed.). WMO. Geneva.