



**RANCANG BANGUN ALAT UKUR CURAH HUJAN
MENGUNAKAN SENSOR KAPASITIF
PLAT SEJAJAR BERBASIS MIKROKONTROLER**

SKRIPSI

Oleh

**Muhammad Ainur Rofiq
NIM 121810201038**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**RANCANG BANGUN ALAT UKUR CURAH HUJAN
MENGUNAKAN SENSOR KAPASITIF
PLAT SEJAJAR BERBASIS MIKROKONTROLER**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S1)
dan untuk mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

**Muhammad Ainur Rofiq
NIM 121810201038**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

LEMBAR PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua tercinta Bapak Karmuji dan Ibu Umi Salamah, saya ucapkan terima kasih atas segala jasa, segala pengorbanan dan doa yang diberikan kepada saya sehingga saya mampu berdiri dan memaknai kehidupan dengan baik;
2. Kedua adik tercinta Azza Nabilatul Zahria yang telah mulai tumbuh menjadi wanita luar biasa dan Mohammad Nur Rohman dengan segala keistimewanya;
3. Dosen pembimbing yang selalu memberi ilmu, nasehat, dan pemantapan dalam menyelesaikan Tugas Akhir, Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D. dan Supriyadi, S.Si., M.Si.;
4. UKM OP SPORA yang memberi pengalaman dan pembelajaran dalam organisasi yang saya jalani;
5. Civitas akademi Fisika FMIPA Universitas Jember.

MOTTO

“Tuntutlah ilmu sampai ke negeri Cina, karena sesungguhnya menuntut ilmu itu wajib bagi setiap muslim. Sesungguhnya para malaikat meletakkan sayap-sayap mereka kepada para penuntut ilmu karena senang (rela) dengan yang ia tuntut.”^[1]

“Memayu hayuning pribadi, kaluwarga, sesama. Memayu hayuning bawana.”^[2]

^[1] Hadist diriwayatkan oleh Abu Nu’aim dalam “Akhbar Ashfahan” (2/106)

^[2] Purwadi. 2007. Filsafah jawa dan kearifan lokal. Yogyakarta: Panji Pustaka.

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama: Muhammad Ainur Rofiq

NIM : 121810201038

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul : “*Rancang Bangun Alat Ukur Curah Hujan Menggunakan Sensor Kapasitif Plat Sejajar Berbasis Mikrokontroler*” adalah benar-benar hasil karya ilmiah sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa, dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 6 Juni 2017

Yang Menyatakan,

Muhammad A. Rofiq

NIM 121810201038

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR CURAH HUJAN
MENGUNAKAN SENSOR KAPASITIF
PLAT SEJAJAR BERBASIS MIKROKONTROLER**

Oleh

Muhammad Ainur Rofiq

NIM 121810201038

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D.

Dosen Pembimbing Anggota : Supriyadi, S.Si., M.Si.

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Rancang Bangun Alat Ukur Curah Hujan Menggunakan Sensor Kapasitif Plat Sejajar Berbasis Mikrokontroler*”, telah diuji dan disahkan secara akademis pada :

Hari :

Tanggal :

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Tim Penguji :

Ketua ,

Anggota I

Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D.

Supriyadi, S.Si., M.S.i.

NIP 197202101998021001

NIP 198204242006041003

Anggota II

Anggota III

Agung Tjahjo Nugroho, S.Si., M.Phill., Ph.D. Ir. Misto, M.Si.

NIP 196812191994021001

NIP 195911211991031002

Mengesahkan

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Drs. Sujito, Ph.D.

NIP 196102041987111001

RINGKASAN

Rancang Bangun Alat Ukur Curah Hujan Menggunakan Sensor Kapasitif Plat Sejajar Berbasis Mikrokontroler; Muhammad A. Rofiq; 121810201038; 2017; 55 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Curah hujan merupakan salah satu komponen utama dalam penentuan iklim dan cuaca. Keberadaan hujan penting dalam kehidupan, karena hujan dapat mencukupi kebutuhan air yang sangat berguna bagi makhluk hidup, khususnya dalam bidang pertanian dan perkebunan. Oleh karena itu, ketika petani melakukan cocok tanam akan ditentukan oleh distribusi hujan. Namun di sisi lain, datangnya hujan dengan intensitas yang sangat tinggi dan tidak seimbang dengan kebutuhan, akan terbuang percuma bahkan dapat menyebabkan bencana banjir. Oleh karena itu, informasi tentang curah hujan sangat penting untuk mengatur pengelolaan air dalam memenuhi kebutuhan hidup manusia. Dari latar belakang tersebut, penulis mencoba untuk merancang dan membuat alat ukur curah hujan digital yang otomatis pembacaannya.

Alat ini dirancang dengan menggunakan sensor kapasitif plat sejajar sebagai indikator perubahan level air sebagai bahan dielektrik, pengolah data mikrokontroler dengan Arduino dan penampil hasil pada LCD. Alat ini digunakan untuk memberikan informasi tentang curah hujan berdasarkan perubahan level air pada sensor sebagai bahan dielektrik. Adanya perubahan komposisi bahan dielektrik yang ada menyebabkan perubahan kapasitansi yang terbaca pada sensor. Dari perubahan kapasitansi akibat adanya perubahan komposisi bahan dielektrik, dapat dicari nilai konstanta dielektrik dan tinggi level air sebagai tinggi curah hujan yang akan dicari.

Setelah dilakukan penelitian, didapatkan hasil sistem alat yang dapat digunakan untuk mengukur curah hujan. Sistem alat dapat menampilkan perubahan kapasitansi yang terbaca, konstanta dielektrik, dan tinggi level air yang ada pada sensor. Tinggi level air yang terbaca menunjukkan tinggi curah hujan yang terukur. Inovasi pembuatan alat ukur ini mampu memberikan alternatif yang selama ini sudah ada dalam pengukuran curah hujan dan mampu memberikan informasi tentang curah hujan pada saat itu.

Secara umum, bisa dikatakan sistem alat ukur curah hujan sudah berjalan dengan baik sesuai alat pembanding yang sudah ada. Nilai akurasi yang diperoleh cukup baik, dimana selisih nilai tertinggi ketika digunakan mengukur ketinggian manual hanya 4,93 mm dan terendah 0,19 mm. Ketika alat ukur diterapkan untuk mengukur curah hujan secara langsung, didapat selisih kurang dari 5 mm. Tetapi terdapat 2 hari yang lebih dari itu, dikarenakan banyak faktor. Dari uraian hasil tersebut, dapat dikatakan alat ini sudah bekerja dengan baik sebagaimana fungsinya.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan skripsi berjudul *“Rancang Bangun Alat Ukur Curah Hujan Menggunakan Sensor Kapasitif Plat Sejajar Berbasis Mikrokontroler”*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu dengan sepuh hati penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Agung Tjahjo Nugroho, S.Si., M.Phill., Ph.D., selaku Dosen Penguji I dan Ir. Misto, M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan demi sempurnanya skripsi ini;
2. Seluruh personal yang membantu saya dalam proses selesainya skripsi ini, Siti Lailatul Arofah, Ahmad Ridlo Hanifudin Tahier, Muhammad Syukron Ali, Damas dan seluruh teman fisika 2012;
3. Dinas PU Bina Marga dan Sumber Daya Air Jember yang telah membantu mensukseskan penelitian dengan memberikan izin pengambilan data.

Penulis berharap agar skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada semua pihak. Penulis juga membuka kritik dan saran dari pembaca demi kesempurnaan pengembangan inovasi teknologi.

Jember, 6 Juni 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
HALAMAN PEMBIMBING	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	14
1.1 Latar Belakang	14
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Curah Hujan	5
2.2 Hujan di Indonesia	6
2.3 Alat Ukur Curah Hujan	8
2.4 Kapasitor dan Dielektrik	11
2.4.1 Kapasitor dan Kapasitansi.....	11
2.4.2 Dielektrik.....	14
2.4.3 Konsep Kapasitor	16
2.5 Mikrokontroler	19
2.6 LCD	24

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	26
3.2.1 Alat Penelitian	26
3.2.2 Bahan Penelitian	27
3.3 Prosedur Penelitian	27
3.3.1 Diagram Alir	27
3.3.2 Perancangan Alat	Error! Bookmark not defined.
3.3.3 Pengujian Alat	Error! Bookmark not defined.
3.4 Analisa Data	Error! Bookmark not defined.
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
4.1 Hasil Perancangan Sensor	Error! Bookmark not defined.
4.2 Hasil Pengujian Sensor Kapasitif	Error! Bookmark not defined.
4.3 Hasil Pemrograman Arduino	Error! Bookmark not defined.
4.4 Kalibrasi Sensor Kapasitif pada Sistem	Error! Bookmark not defined.
4.5 Pengujian Manual Sistem	Error! Bookmark not defined.
4.5.1 Hasil Pengujian dengan Kapasitansi Meter CM-3300A	Error! Bookmark not defined.
4.5.2 Hasil Pengujian <i>Prototype</i> Alat Ukur Curah Hujan	Error! Bookmark not defined.
4.6 Pengujian Lapangan <i>Prototype</i> Alat Ukur Curah Hujan	Error! Bookmark not defined.
BAB 5. PENUTUP	Error! Bookmark not defined.
5.1 Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
5.2 Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Banyaknya curah hujan bulanan Kabupaten Jember tahun 2014	7
Tabel 2. 2 Rata-rata curah hujan per hari Kabupaten Jember tahun 2014	8
Tabel 2. 3 Jumlah hari hujan di Kabupaten Jember tahun 2014	8
Tabel 2. 4 Konstanta dielektrik suatu bahan.	15
Tabel 2. 5 Karakteristik Arduino Uno	211
Tabel 2. 6 Fungsi dari pin-pin LCD	255
Tabel 4. 1 Pembacaan sensor pada udara sebelum dilakukan <i>treatment</i> data.....	42
Tabel 4. 2 Pembacaan sensor pada aquades sebelum dilakukan <i>treatment</i> data...	42
Tabel 4. 3 Kalibrasi sensor terhadap udara	44
Tabel 4. 4 Kalibrasi sensor terhadap aquades	45

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Alat ukur curah hujan ombrometer.	9
Gambar 2. 2 Sistem mekanik <i>tipping bucket</i>	10
Gambar 2. 3 Kapasitor plat sejajar.	12
Gambar 2. 4 Medan listrik diantara dua keping sejajar.	13
Gambar 2. 5 Rangkaian pengisian kapasitor.	16
Gambar 2. 6 Grafik pengisian kapasitor.	17
Gambar 2. 7 Sensor kapasitif plat sejajar disisipkan bahan dielektrik air	18
Gambar 2. 8 Board Arduino Uno.	200
Gambar 2. 9 Konfigurasi pin ATmega328.	233
Gambar 2. 10 Bentuk fisik LCD 2x16	24
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian rancang bangun alat ukur curah hujan.	277
Gambar 3. 2 Diagram blok alat ukur curah hujan	28
Gambar 3. 3 Desain rangkaian sensor kapasitif.	29
Gambar 3. 4 Rangkaian alat ukur curah hujan	Error! Bookmark not defined. 1
Gambar 4. 1 Sensor kapasitif plat sejajar	38
Gambar 4. 2 Hasil kebocoran arus menggunakan multimeter	39
Gambar 4. 3 Program keseluruhan	41
Gambar 4. 4 Hasil tampilan LCD	41
Gambar 4. 5 Grafik hubungan kapasitansi dengan tinggi level aquades	46
Gambar 4. 6 Perubahan nilai kapasitansi terhadap bahan dielektrik	47
Gambar 4. 7 Perbandingan tinggi level yang terbaca sistem dengan penggaris ...	58
Gambar 4. 8 Alat ukur curah hujan dari sensor kapasitif yang sedang diuji	59
Gambar 4. 9 Grafik hubungan selisih curah hujan yang terukur	50
Gambar 4. 10 Gambar <i>prototype</i> waktu uji langsung di stasiun pengukuran	51

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 4.1 Kalibrasi Alat Ukur	56
Lampiran 4.2 Pengujian Alat Ukur	57
Lampiran 4.3 Pengujian Lapangan Alat Ukur Curah Hujan.....	61
Lampiran 4.4 Analisis Grafik dengan Variasi <i>Delay</i>	62
Lampiran 4.5 Program yang Digunakan untuk Alat Ukur.....	64

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Iklm merupakan unsur geografi yang sangat penting dan memiliki pengaruh yang besar terhadap aktivitas manusia. Iklim berpengaruh secara global, iklim yang terjadi di wilayah tertentu juga memiliki pengaruh pada wilayah yang lain. Perubahan iklim secara global dapat mengakibatkan perubahan musim yang signifikan, baik secara lokal maupun regional. Sebagai contoh, gangguan iklim yang diakibatkan oleh naiknya suhu permukaan laut Samudera Pasifik sekitar khatulistiwa bagian tengah dan timur atau dikenal dengan fenomena El-Nino mengakibatkan musim kemarau di Indonesia terjadi lebih lama dan musim hujan menjadi mundur. Sedangkan La Nina merangsang kenaikan curah hujan diatas curah hujan normal (Irawan, 2006). El Nino dan La Nina merupakan suatu gangguan iklim yang terjadi dalam skala global dengan rentang waktu 2-7 tahun (Harijono, 2008). Hal ini dapat mengakibatkan sulitnya dalam memprediksi cuaca dan kapan terjadinya perubahan musim. Salah satunya menimbulkan perubahan jumlah curah hujan.

Curah hujan merupakan salah satu komponen utama dalam penentuan iklim dan cuaca. Keberadaan hujan penting dalam kehidupan, karena hujan dapat mencukupi kebutuhan air yang sangat berguna bagi makhluk hidup. Dalam bidang pertanian, beberapa komoditi seperti padi, sayur-sayuran dalam proses penanamannya sangat dipengaruhi oleh kondisi curah hujan. Daerah persawahan yang belum memiliki irigasi, penanaman padi bergantung pada kondisi curah

hujan di daerah tersebut, sehingga petani melakukan dalam melakukan cocok tanam akan ditentukan oleh distribusi hujan. Namun di sisi lain, datangnya hujan dengan intensitas yang sangat tinggi dan tidak seimbang dengan kebutuhan akan terbuang percuma bahkan dapat menyebabkan bencana banjir. Berbagai cara digunakan untuk mengatasi bencana banjir yang diakibatkan oleh tingginya intensitas curah hujan diantaranya memperbaiki irigasi atau menambah titik resapan air. Namun terkadang cara yang digunakan untuk mengatasi banjir belum cukup untuk meminimalisir kerusakan yang ada. Pengukuran curah hujan ini sangat diperlukan karena untuk mengetahui pola distribusi curah hujan (Handajani, 2005). Pola distribusi curah hujan digunakan sebagai cocok tidaknya mengembangkan jenis tanaman di suatu wilayah yang bercurah hujan tinggi atau rendah. Pola distribusi curah hujan juga sebagai pencegahan dini dari bencana banjir, oleh karena itu informasi tentang curah hujan sangat penting untuk mengatur pengelolaan air dalam memenuhi kebutuhan hidup manusia.

Curah hujan dapat diukur dengan menggunakan alat yang dikenal dengan nama “*rain gauge*” yang menggunakan prinsip kerja secara manual maupun otomatis. Dengan menggunakan penakar hujan secara manual, maka pengambilan data juga dilakukan secara manual. Tinggi permukaan air hujan yang tertampung pada wadah diukur dan dicatat secara manual. Di sisi lain, alat pengukur curah hujan otomatis menggunakan alat ukur digital yang proses pengukuran dan pencatatannya dilakukan secara elektronik yang diprogram untuk bekerja secara otomatis.

Berbagai jenis pengukur curah hujan yang telah dikembangkan saat ini diantaranya jenis *weighing*, *tipping bucket* (TB), optik, kapasitansi dan lain-lain (Evita *et. al*, 2010). Penakar tipe *tipping bucket* bekerja seperti jungkat-jungkit yang bergantian menampung air hujan. Permana *et. al.* (2015), telah mengembangkan alat ukur curah hujan menggunakan jenis *tipping bucket* berbasis Arduino. Kelebihan dari alat ini banyak dikembangkan dan sudah dapat menampilkan tinggi curah hujan dengan baik dengan dikontrol oleh Arduino. Namun kekurangan dari jenis *tipping bucket* adalah desain yang terlalu rumit dan tidak sederhana. Tipe lain yang dapat dikembangkan untuk pengukur curah hujan

menggunakan prinsip kapasitansi atau menggunakan kapasitor sebagai sensor. Sa-Ngiamvibool *et. al.* (2013), telah mengembangkan kapasitor jenis silinder sebagai sensor pada alat ukur curah hujan otomatis dengan mikrokontroler. Alat ini mampu memberikan informasi level air hujan dari pengukuran kapasitansi. Jika dilihat dari bentuk konduktornya, kapasitor plat sejajar lebih sederhana dan mudah dibuat jika dibandingkan dengan bentuk kapasitor yang lain seperti kapasitor silinder. Berdasarkan penelitian dari Permana *et. al.* (2015), dan Sa-Ngiamvibool *et. al.* (2013), penulis mencoba untuk merancang dan membuat suatu alat ukur curah hujan menggunakan sensor kapasitif plat sejajar berbasis mikrokontroler Arduino dengan penampil *LCD*.

Menurut Sutrisno (1983), kapasitor plat sejajar adalah kapasitor yang terdiri dari dua plat konduktor yang ditempatkan berdekatan tetapi tidak bersentuhan. Nilai kapasitansi dari suatu kapasitor plat sejajar bergantung pada ukuran, bentuk dan posisi relatif dari dua plat konduktor serta bahan penyekat antara dua konduktor tersebut yang disebut dengan bahan dielektrik. Dalam penelitian ini bahan dielektrik yang digunakan adalah air hujan yang akan diukur ketinggiannya. Penambahan mikrokontroler Arduino bertujuan agar nilai kapasitansi yang ada dapat diolah dan dikontrol untuk dirubah dalam satuan tinggi yang nantinya data tinggi curah hujan dapat ditampilkan digital setiap saat pada layar *LCD*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang sebuah alat untuk mengukur curah hujan menggunakan sensor kapasitif?
2. Bagaimana akurasi level air hujan yang didapat dari sensor kapasitif bila dibandingkan dengan pengukuran manual?

1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

1. Bahan dielektrik yang digunakan adalah air hujan.
2. Mikrokontroler yang digunakan adalah Atmega328 yang terdapat pada Arduino Uno.
3. Sensor yang digunakan adalah kapasitor plat sejajar.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini seperti berikut:

1. Merancang sebuah alat yang nantinya dapat digunakan sebagai alat ukur curah hujan digital.
2. Mengetahui perubahan tinggi dan nilai kapasitansi ketika volume bahan dielektrik berubah.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian perancangan alat ukur curah hujan menggunakan sensor kapasitif berbasis mikrokontroler Arduino Uno adalah membuat sebuah *prototype* alat yang nantinya dapat mempermudah dan membantu semua pihak untuk mengambil dan mencatat data curah hujan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Curah Hujan

Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi milimeter (mm) di atas permukaan horizontal (Widyamanti, 2008). Dalam penjelasan lain menurut BMKG, curah hujan juga dapat diartikan sebagai ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir. Curah hujan 1 (satu) milimeter, artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu milimeter atau tertampung air sebanyak satu liter.

Menurut Widyatmanti (2008), jenis-jenis hujan yang terjadi di atmosfer adalah sebagai berikut:

1. Hujan air

Butiran air yang jatuh dari atmosfer ke permukaan bumi dan memiliki diameter lebih besar dari 0,5 mm (ukuran maksimum tetesan hujan). Pada ukuran ini, energi tarik menarik antara molekul air menjadi lemah sehingga tidak mampu menahan massa air dalam bentuk butiran air.

2. Hujan es

Hujan es terjadi saat butiran air jatuh ke bumi dan bertemu dengan udara permukaan bumi yang memiliki suhu di bawah 0°C. Saat butiran air masuk ke wilayah suhu rendah maka butiran ini akan langsung berubah menjadi es.

3. Butiran es atau hujan jarum es

Butiran es adalah butiran air yang membeku dalam bentuk butiran atau jarum es. Butiran es terbentuk jika butiran air terjadi pada awan yang bersuhu sangat dingin.

4. Hujan salju

Terdiri dari kristal-kristal es yang suhunya berada di bawah 0 °C. Salju adalah tipe hujan yang umum terjadi di wilayah lintang tengah dan tinggi.

Data hujan harian banyak bermanfaat untuk sektor pertanian dan perkebunan, namun kurang bermanfaat untuk desain saluran. Hujan yang mengakibatkan banjir di perkotaan biasanya berdurasi pendek, akan tetapi dengan intensitas yang sangat tinggi (Bunganaen *et. al.*, 2013). Dalam mengembangkan sektor pertanian, iklim menjadi faktor yang harus dipertimbangkan. Suhu udara, curah hujan dan pola musim sangat menentukan cocok tidaknya budidaya tanaman pertanian. Contoh tanaman padi yang sangat cocok bila ditanam pada daerah yang bersuhu udara panas dengan curah hujan yang cukup tinggi sedangkan sayur-sayuran dan buah-buahan lebih cocok ditanam di daerah beriklim sedang sampai sejuk dengan intensitas curah hujan yang tidak tinggi.

2.2 Hujan di Indonesia

Indonesia merupakan negara yang memiliki angka curah hujan yang bervariasi dikarenakan morfologi daerahnya yang berbeda-beda. Indonesia terletak di antara dua samudra besar, yaitu Samudra Pasifik di sebelah timur laut dan Samudra Indonesia di sebelah barat daya, kedua samudra ini merupakan sumber udara lembab yang banyak mendatangkan hujan bagi wilayah Indonesia. Pada siang hari proses evaporasi dari permukaan kedua samudra ini secara nyata akan meningkatkan kelembaban udara di atasnya. Keberadaan dua benua yang mengapit kepulauan Indonesia, yakni Benua Asia dan Benua Australia akan mempengaruhi pola pergerakan angin di wilayah Indonesia, arah angin sangat penting peranannya dalam mempengaruhi pola curah hujan. Jika angin berhembus dari arah Samudra Pasifik dan Samudra Indonesia, maka angin tersebut akan membawa udara lembab ke wilayah Indonesia dan mengakibatkan curah hujan di wilayah Indonesia menjadi tinggi, sedangkan jika angin berhembus dari arah daratan Benua Asia dan Benua Australia, angin tersebut hanya mengandung sedikit uap air dan tidak banyak menimbulkan hujan (Tukidin, 2010).

Menurut Affandi *et. al.* (2012), umumnya wilayah Indonesia dibagi menjadi 3 (tiga) pola hujan, yang pertama adalah pola hujan monsun, yaitu satu puncak musim hujan Desember Januari Februari (DJF), Juni Juli Agustus (JJA) sebagai musim kemarau. Pola kedua adalah pola ekuatorial yang dicirikan oleh

tipe curah hujan dengan bentuk bimodial (dua puncak hujan) Maret dan Oktober. Pola terakhir atau pola ketiga yaitu hujan lokal, yang wilayahnya memiliki distribusi hujan bulanan kebalikan dengan pola monsun.

Pola curah hujan di Indonesia terdapat perbedaan di setiap daerahnya. Menurut Sandy (1987) dikarenakan curah hujan di Indonesia dipengaruhi banyak faktor, antara lain faktor letak daerah, faktor bentuk medan, faktor lereng medan terhadap arah angin dan faktor arah angin terhadap garis pantai. Hal ini mengakibatkan curah hujan di setiap daerah juga akan berbeda. Salah satunya curah hujan di daerah Kabupaten Jember.

Iklim di daerah Jember dapat diklasifikasikan sebagai tropis. Terdapat curah hujan yang signifikan di sebagian besar bulan dalam setahun. Dari Tabel 2.1 dapat dilihat bahwa curah hujan tertinggi ada pada bulan Januari dan Desember, sedangkan curah hujan terendah terdapat pada bulan September.

Tabel 2.1 Banyaknya curah hujan bulanan Kabupaten Jember tahun 2014

Stasiun	Curah Hujan tiap Bulan (mm)												
	Pengukuran	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
Jember		763	467	350	401	481	341	134	14	-	107	318	596
Wirolegi		186	28	113	128	100	111	47	-	-	37	83	194
Dam Semagir		517	363	214	325	134	207	73	-	-	26	484	616
Bintoro		329	150	323	160	150	85	10	-	-	85	190	402
Dam Sembah		416	279	202	245	144	99	74	-	-	179	393	470

(Sumber: Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember, 2015).

Curah hujan harian di Kabupaten Jember antara wilayah satu dengan yang lain berbeda. Di daerah perkotaan rata-rata memiliki curah hujan yang besar jika dibandingkan dengan curah hujan harian di daerah lain. Menurut data dari BPS seperti pada Tabel 2.2, curah hujan di Kota Jember perharinya tertinggi memiliki rata-rata 30 mm pada bulan April dan Mei.

Tabel 2.2 Rata-rata curah hujan per hari Kabupaten Jember tahun 2014

Stasiun	Rata-rata Curah Hujan per Hari (mm)												
	Pengukuran	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
Jember		28	29	19	30	30	26	12	7	-	13	18	28
Wirolegi		6,6	2,5	5,6	9,1	9,1	6,5	5,2	-	-	7,4	4,1	8,8
Dam Semagir		21	17	11	23	8,3	15	7,3	-	-	6,5	20	24
Bintoro		14	15	19	20	30	17	10	-	-	17	17	26
Dam Sembah		24	21	11	30	28	19	10	-	-	29	30	29

(Sumber: Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember, 2015).

Dalam satu bulan hujan di Kabupaten Jember tidak turun setiap hari. Hal ini terlihat dari data pada Tabel 2.3 yang menunjukkan paling banyak dalam sebulan turun hujan 28 hari di daerah stasiun pengukuran Wirolegi. Terdapat juga dalam sebulan tidak turun hujan sama sekali pada bulan September.

Tabel 2.3 Jumlah hari hujan di Kabupaten Jember tahun 2014

Stasiun	Rata-rat Jumlah Hujan per Hari												
	Pengukuran	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
Jember		27	16	18	13	16	13	11	2	-	8	17	21
Wirolegi		28	11	20	14	11	17	9	-	-	5	20	22
Dam Semagir		24	21	18	14	16	13	10	-	-	4	24	25
Bintoro		22	10	17	8	5	5	1	-	-	5	11	15
Dam Sembah		17	13	17	8	5	5	7	-	-	6	13	16

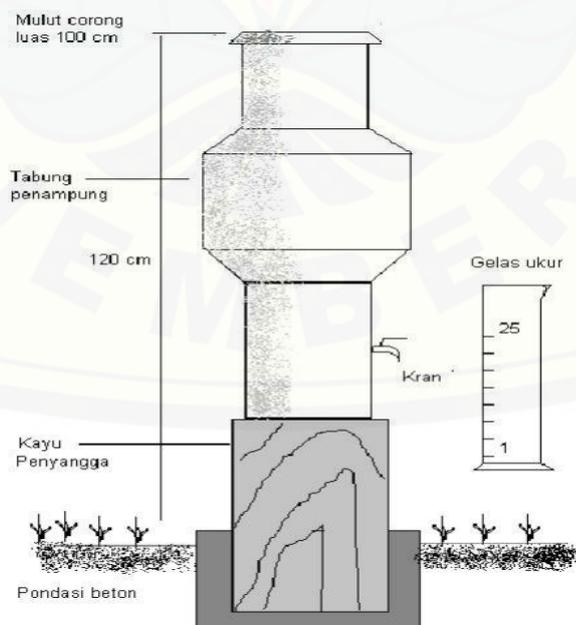
(Sumber: Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember, 2015).

2.3 Alat Ukur Curah Hujan

Secara umum alat ukur atau penakar hujan yang sudah ada dibedakan menjadi dua, yaitu penakar curah hujan manual dan penakar curah hujan otomatis. Alat ukur curah hujan manual, dalam penggunaannya untuk pengambilan data juga dilakukan secara manual. Tinggi permukaan air hujan yang tertampung pada wadah diukur dan dicatat secara manual. Di sisi lain, alat pengukur curah hujan

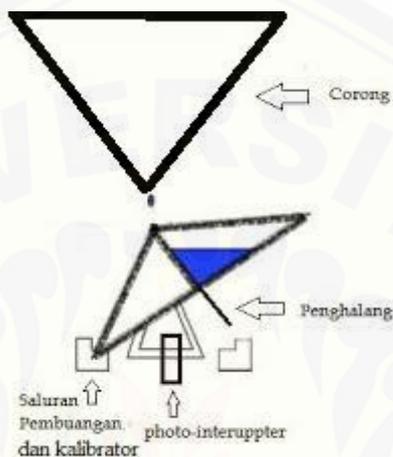
otomatis menggunakan alat ukur digital yang proses pengukuran dan pencatatannya dilakukan secara elektronik yang diprogram untuk bekerja secara otomatis. Ada beberapa tipe alat pengukur curah hujan, yaitu penakar hujan tipe observasi atau Ombrometer, penakar hujan tipe Hellman, dan penakar hujan tipe *Tipping Bucket*. Lapangan observasi BMKG kebanyakan menggunakan penakar hujan tipe Ombrometer dan penakar hujan tipe Hellman, dimana kedua penakar tersebut masih manual (Sumardi, 2009).

Pada penakar hujan tipe Ombrometer, prinsip kerjanya yaitu menampung air hujan pada sebuah penampungan air dan terdapat kran yang berfungsi untuk mengeluarkan air hujan yang tertampung pada penampungan air tersebut. Setiap sehari sekali di waktu yang sama petugas menakar air hujan yang telah tertampung pada gelas ukur yang memiliki satuan mm, sehingga didapatkan nilai curah hujan pada hari tersebut. Pada penakar hujan tipe Hellman prinsip kerjanya seperti penakar hujan tipe ombrometer tetapi pada penakar hujan ini dapat merekam berapa lama terjadinya hujan pada hari tersebut, penghitungan tersebut dilakukan dengan menggunakan jam bekker yang diberi pena dan memutar kertas pias (Permana, 2015).



Gambar 2.1 Alat ukur curah hujan ombrometer (Sumber: Sumardi, 2009).

Penakar hujan tipe *Tipping Bucket* bekerja seperti jungkat jungkit yang bergantian menampung air hujan, dimana setiap jungkitan dihitung berapa volume maksimum dapat menampung air hujan hingga terjungkit. Kemudian berapa kali jungkitan tersebut terjungkit dikali dengan volume maksimum tersebut sehingga didapatkan nilai curah hujan (Permana, 2015).



Gambar 2.2 Sistem mekanik *tipping bucket* (Sumber: Permana, 2015).

Penakar hujan tipe *tipping bucket*, nilai curah hujannya tiap *bucket* berjungkit tidak sama, serta luas permukaan corongnya beragam sesuai dari merk pembuatnya. Misalnya ada yang 0.1 mm, 0.2 mm, 0.5 mm dan lain-lain. Penakar curah hujan tipe *tipping bucket* ini memanfaatkan sensor *reed switch* untuk memberikan masukan pada mikrokontroler yaitu berupa perubahan tahanan ketika bejana bergoyang (Sumardi, 2009).

Alat ukur curah hujan jenis kapasitansi sebelumnya juga telah dikembangkan oleh Sa-Ngiamvibool *et. al.* (2013). Mereka menggunakan kapasitor silinder sebagai sensor kapasitif alat ukur tersebut. Teknik yang digunakan bertujuan untuk memantau tegangan output yang sesuai terhadap perubahan sensor kapasitif, ketika sensor kapasitif berbentuk silinder direndam di dalam air. Rangkaian filter tapis lolos tinggi diterapkan pada rangkaian alat pengukuran tingkat curah hujan. Hal ini dapat mengkonversi perubahan

kapasitansi karena perubahan tingkat air ke tegangan output yang sesuai dan mengirim tegangan output ke mikrokontroler untuk analisis curah hujan.

2.4 Kapasitor dan Dielektrik

2.4.1 Kapasitor dan Kapasitansi

Kapasitor adalah komponen elektrik yang berfungsi menyimpan energi potensial listrik dan muatan listrik. Kapasitor adalah piranti elektronika yang mampu menyimpan muatan listrik (kapasitansi). Umumnya, nilai kapasitansi sebuah kapasitor ditentukan oleh bahan dielektrik yang digunakan (Young, 2000). Kapasitor memiliki berbagai macam bentuk dan ukuran, tetapi pada prinsipnya sama saja tersusun dari dua keping konduktor dan dipisahkan oleh dielektrik. Kedua keping konduktor pada kapasitor diberi muatan sama, tetapi berlawanan jenis. Keping yang satu diberi muatan positif dan keping yang lain diberi muatan negatif. Namun, secara keseluruhan kapasitor bermuatan netral. Berdasarkan kemampuan menyimpan muatan, kapasitor dapat dibedakan menjadi dua jenis. Kapasitor dengan kapasitansi tetap dan kapasitor dengan kapasitansi dapat diubah-ubah atau kapasitor variabel (Saripudin, 2008).

Menurut Tipler (1991), umumnya kapasitor yang digunakan adalah kapasitor keping sejajar yang menggunakan dua keping konduktor sejajar. Kepingan tersebut dapat berupa lapisan-lapisan logam yang tipis, yang terpisah dan terisolasi satu sama lain. Ketika kepingan terhubung pada piranti yang bermuatan misalnya baterai, muatan akan dipindahkan dari satu konduktor ke konduktor lainnya sampai beda potensial antara kutub positif (+) dan kutub negatif (-) sama dengan beda potensial antara kutub positif (+) dan kutub negatif (-) baterai. Jumlah muatan (Q) yang dipindahkan tersebut sebanding dengan beda potensial. Komponen kapasitor sangat penting dalam elektronika atau listrik, karena kapasitor memiliki sifat-sifat:

1. Dapat menyimpan dan mengosongkan muatan listrik.
2. Tidak dapat mengalirkan arus searah (DC).
3. Dapat mengalirkan arus bolak-balik (AC).

4. Dapat memperhalus riak yang terjadi ketika arus bolak-balik (AC) di konversikan menjadi arus searah (DC) pada catu daya.

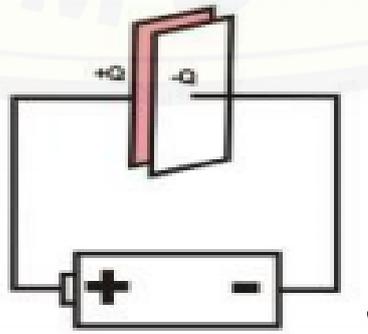
Kemampuan kapasitor dalam menyimpan muatan listrik didefinisikan sebagai kapasitansi. Adapun besarnya kapasitansi yang tersimpan dalam kapasitor memenuhi persamaan:

$$C = \frac{Q}{V} \quad (2.1)$$

Dimana Q : Muatan total (C)
 C : Kapasitansi (F)
 V : Beda Potensial Elektroda (V)

Kapasitansi bergantung pada luas permukaan keping, jarak antara kedua keping, dan dielektrik yang digunakan. Kapasitansi akan besar jika luas permukaan keping besar. Akan tetapi kapasitansi akan mengecil bila jarak antara kedua keping besar. Dengan kata lain kapasitansi berbanding lurus dengan luas permukaan keping dan berbanding terbalik dengan jarak antara kedua keping sejajar (Saripudin, 2008).

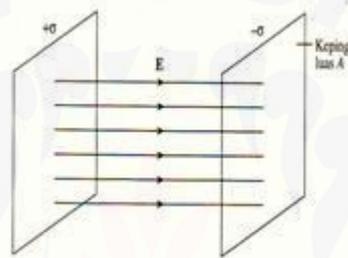
Kapasitor keping sejajar memberi kemudahan dalam mengamati sebuah kapasitor karena memiliki susunan yang mudah dipahami dibanding kapasitor jenis lain. Dalam kapasitor keping sejajar, setiap keping diberi muatan q yang sama besar tetapi berlawanan arah tanda, yaitu muatan positif $+q$ dan muatan negatif $-q$. Luas keping dibuat sama A dan tepat berhadapan satu sama lain. Jarak antara kedua keping adalah d .



Gambar 2.3 Kapasitor plat sejajar (Sumber: Saripudin, 2008).

Untuk menghitung kapasitas kapasitor, terlebih dahulu dihitung kuat medan listrik E diantara kedua keping sejajar. Melalui kuat medan listrik ini, beda potensial V diantara keping diperoleh sehingga kapasitansi kapasitor keping sejajar dapat dihitung (Saripudin, 2008).

Benda yang bermuatan listrik di setiap titiknya terdapat kuat medan listrik. Bila muatannya diperbesar, maka kuat medan listrik di sekitar benda bermuatan listrik tersebut menjadi lebih besar. Bila muatannya diperkecil, maka kuat medan listriknya menjadi lebih kecil.



Gambar 2.4 Medan listrik diantara dua keping sejajar (Sumber: Saripudin, 2008).

Kuat medan listrik antara kedua keping sejajar dapat memenuhi persamaan sebagai berikut:

$$E = \frac{q}{\epsilon_0 A} \quad (2.2)$$

Hubungan antara kuat medan listrik (E) dengan beda potensial V antara dua keping sejajar berjarak d dinyatakan dengan:

$$V = E \cdot d \quad (2.3)$$

maka

$$V = \left(\frac{q}{\epsilon_0 A} \right) d \quad (2.4)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.4) ke persamaan (2.1), maka kapasitas kapasitor keping sejajar yang didapat sebagai berikut:

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.5)$$

dengan C : kapasitansi kapasitor keping sejajar (F)

A : luas penampang keping sejajar (m^2)

d : jarak antara keping (m)

ϵ_0 : permitivitas vakum atau udara $8,85 \times 10^{-12}$ F/m

Perlu diketahui bahwa selain kapasitansi kapasitor keping sejajar, terdapat juga kapasitor berbentuk silinder dan bola (Saripudin, 2008).

2.4.2 Dielektrik

Dielektrik adalah suatu bahan yang memiliki daya hantar arus yang sangat kecil atau bahkan hampir tidak ada (Zahrotin, 2014). Bahan dielektrik dapat berwujud padat, cair dan gas. Tidak seperti konduktor, pada bahan dielektrik tidak terdapat elektron-elektron konduksi yang bebas bergerak di seluruh bahan oleh pengaruh medan listrik. Medan listrik tidak akan menghasilkan pergerakan muatan dalam bahan dielektrik. Sifat inilah yang menyebabkan bahan dielektrik itu merupakan isolator yang baik. Dalam bahan dielektrik, semua elektron-elektron terikat dengan kuat pada intinya sehingga terbentuk suatu struktur regangan (*lattice*) benda padat, atau dalam hal cairan atau gas, bagian-bagian positif dan negatifnya terikat bersama-sama sehingga tiap aliran massa tidak merupakan perpindahan dari muatan. Karena itu, jika suatu dielektrik diberi muatan listrik, muatan ini akan tinggal terlokalisasi di daerah di mana muatan tadi ditempatkan (Mujib *et. al.*, 2013).

Secara eksperimental ditemukan bahwa jika dielektrik memenuhi ruang antara kedua konduktor tersebut, kapasitansi akan naik sebesar faktor K yang dikenal sebagai konstanta dielektrik (Giancoli, 1998). Konstanta dielektrik adalah suatu bilangan konstan yang besarnya tergantung pada sistem yang digunakan serta bahan yang digunakan. Sedangkan sistem yang digunakan adalah nilai kapasitor yang dibentuk dari dua buah pelat sejajar yang dipisahkan oleh ruang hampa dengan nilai kapasitor yang terbentuk dari dua buah pelat sejajar yang dipisahkan oleh bahan dielektrik (Kamajaya, 1984).

Menurut Kamajaya (1984), efisiensi relatif suatu bahan sebagai dielektrik ditunjukkan oleh konstanta dielektrik (K) dan permitivitas bahan. Konstanta dielektrik suatu bahan didefinisikan sebagai perbandingan antara kapasitas kapasitor plat sejajar yang menggunakan dielektrik dari bahan tersebut dan

kapasitor plat sejajar yang menggunakan udara sebagai dielektriknya. Secara matematis dapat ditulis persamaannya sebagai berikut:

$$K = \frac{C}{C_0} \quad (2.6)$$

Artinya, kapasitansi meningkat sebesar faktor K ketika bahan dielektrik mengisi penuh ruang antar keping. Menurut Giancoli (1998), maka untuk kapasitor plat sejajar menjadi:

$$C = K\epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.7)$$

Persamaan ini juga dapat dituliskan

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \quad (2.8)$$

Dengan nilai ϵ sebesar

$$\epsilon = K\epsilon_0 \quad (2.9)$$

ϵ merupakan permitivitas bahan tersebut.

Tabel 2. 4 Konstanta dielektrik suatu bahan.

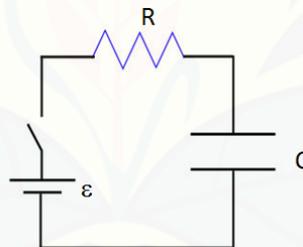
Bahan	Konstanta dielektrik (K)
Hampa udara (vakum)	1,0000
Udara (1 atm)	1,0006
Parafin	2,2
Karet, Padatan	2,8
Vinyl (plastik)	2,8-4,5
Kertas	3-7
Kuarsa	4,3
Kaca	4-7
Porselin	6-8
Mika	7
Ethyl alkohol	24
Air	78

(Sumber: Giancoli, 1998).

Tabel 2.4 menunjukkan beberapa bahan dielektrik yang dapat digunakan dan besar konstanta dielektriknya. Sebagai contoh, kapasitor mika memiliki kapasitas hingga 7 kali lebih besar dari pada kapasitor udara yang sama ukurannya. Sifat ini diperkirakan berdasarkan pada temperatur kamar dan untuk kondisi-kondisi sedemikian rupa sehingga medan listrik E di dalam dielektrik tidak berubah dengan waktu (Giancoli, 1998).

2.4.3 Konsep Kapasitor

Salah satu fungsi kapasitor sebagai alat elektronik adalah menyimpan tegangan dan menyuplai tegangan ketika tegangan yang diterima menurun. Tegangan akan disimpan oleh kapasitor jika tegangan input naik dan kapasitor akan menyuplai tegangan ketika tegangan menurun. Penyimpanan dan pengosongan tegangan dari kapasitor berfungsi untuk mengurangi riak pada tegangan DC yang dihasilkan, yang akan membuat tegangan tersebut mendekati garis lurus (Latif, 2013).



Gambar 2.5 Rangkaian pengisian kapasitor (Sumber: Giancoli, 1998).

Ketika saklar ditutup, arus mulai mengalir dari sumber melalui hambatan R ke kapasitor C . Muatan akan terkumpul pada kapasitor secara tidak langsung, mengakibatkan beda potensial antar pelatnya bertambah secara eksponensial terhadap waktu. Persamaannya adalah:

$$V = \varepsilon \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right) \quad (2.10)$$

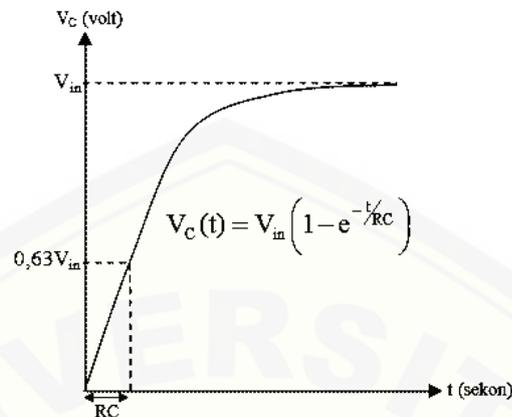
dengan V : Tegangan pada kapasitor (V)

ε : Tegangan ggl/sumber (V)

t : Waktu pengisian kapasitor (s)

R : Resistansi dari kapasitor (Ω)

C : Kapasitansi dari kapasitor (F)



Gambar 2.6 Grafik pengisian kapasitor (Sumber: Giancoli, 1998).

Hasil kali hambatan dengan kapasitansi disebut konstanta waktu dari rangkaian $\tau = RC$. Konstanta waktu merupakan waktu seberapa cepat kapasitor terisi muatan. Secara khusus dapat ditunjukkan bahwa hasil kali RC memberikan waktu yang dibutuhkan kapasitor untuk mencapai 63 persen dari tegangan penuh (Giancoli, 1998).

Sensor kapasitif merupakan sensor elektronika yang bekerja berdasarkan konsep kapasitif. Sensor ini bekerja berdasarkan perubahan muatan energi listrik yang dapat disimpan oleh sensor akibat perubahan jarak lempeng, perubahan luas penampang dan perubahan volume dielektrik sensor kapasitif tersebut. Konsep kapasitor yang digunakan dalam sensor kapasitif adalah proses menyimpan dan melepas energi listrik dalam bentuk muatan-muatan listrik pada kapasitor yang dipengaruhi oleh luas permukaan, jarak dan bahan dielektrik. Sifat sensor kapasitif yang dapat dimanfaatkan dalam proses pengukuran (Nugroho *et. al.*, 2013).

Untuk mengukur ketinggian air yang terdiri dari dua buah konduktor yang berfungsi sebagai pelat kapasitor dengan cairan diantara kedua buah konduktor sebagai bahan dielektrik kapasitor. Ketika volume air bertambah maka udara berkurang karena kapasitansi udara dianggap kecil maka perubahan kapasitansi udara sangat kecil. Ketika volume air berubah maka luas kapasitor air

akan berubah sehingga mempengaruhi kapasitansi total, dimana kapasitansi total ini sebanding dengan nilai h (ketinggian air) (Zahrotin, 2014). Ketika sensor yang terendam air dengan ketinggian h , nilai total kapasitansi (C) yang diperoleh dapat dihitung dari dua bagian C_1 dan C_2 . C_1 adalah nilai kapasitansi dari bagian sensor yang terendam air sedangkan C_2 merupakan nilai kapasitansi dari bagian sensor yang tidak terendam oleh air. Persamaan kapasitansi dari dua medium yang berbeda antara medium air dan udara tersebut adalah:

$$\begin{aligned}
 C &= C_1 + C_2 \\
 C &= \frac{\varepsilon_a A_1}{d} + \frac{\varepsilon_u A_2}{d} \\
 C &= \frac{K_{air} \varepsilon_0 \cdot wh}{d} + \frac{K_{udara} \varepsilon_0 w(L - h)}{d} \\
 C &= \frac{\varepsilon_0 w}{d} (K_{air} h + K_{udara} (L - h)) \\
 C &= \frac{\varepsilon_0 w}{d} (K_{air} h + K_{udara} L - K_{udara} h) \\
 C &= \frac{\varepsilon_0 w}{d} (K_{udara} L - h(k_{udara} - k_{air}))
 \end{aligned} \tag{2.11}$$

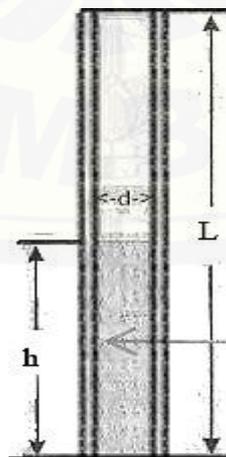
dengan

w : Lebar dari plat sejajar (m)

h : Tinggi air yang mengenai sensor kapasitif (m)

L : Tinggi dari sensor kapasitif (m)

K : Konstansta dielektrik air



Gambar 2.7 Sensor kapasitif plat sejajar bahan dielektrik air (Sumber: Nugroho, 2013).

2.5 Mikrokontroler

Sistem kontrol merupakan bagian penting dalam sistem otomasi. Apabila suatu sistem otomasi dikatakan layaknya semua organ tubuh manusia seutuhnya maka sistem kontrol merupakan bagian otak/pikiran, yang mengatur dari keseluruhan gerak tubuh. Sistem kontrol dapat tersusun dari komputer, rangkaian elektronik sederhana, atau peralatan mekanik (Santoso *et. al.*, 2013). Menurut Oktarifar (2014), mikrokontroler merupakan suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data. Mikrokontroler merupakan pengontrol utama standar industri dan riset saat ini. Hal ini dikarenakan berbagai kelebihan yang dimilikinya dibandingkan mikroprosesor. Antara lain dukungan murah, dukungan software dan dokumentasi yang memadai serta memerlukan komponen pendukung yang sangat sedikit (Budiharto, 2005).

Arduino *board* ialah modul yang menggunakan mikrokontroler sehingga dapat digunakan untuk membangun sistem elektronika berukuran minimalis yang handal dan cepat. Arduino terdiri dari beberapa *board*, yang dapat digunakan sesuai kebutuhan dan menggunakan *software open source*. Arduino menggunakan koneksi USB, dan menggunakan chip FTDI (*Future Technology Devices International*) untuk melakukan pemrograman. Pada chip Arduino sudah dimasukkan *bootloader* (Program yang tertanam pada sistem operasi) sehingga dapat dilakukan pemrograman langsung ke dalam chip menggunakan *software* Arduino (Budiharto, 2011).

Menurut Artanto (2012), kelebihan Arduino dari *platform hardware* mikrokontroler lain adalah sebagai berikut:

1. IDE Arduino merupakan *multiplatform* yang dapat dijalankan di berbagai sistem operasi, seperti Windows, Macintosh dan Linux. IDE Arduino dibuat berdasarkan pada IDE *processing*, yang sederhana sehingga mudah digunakan.

2. Pemrograman Arduino menggunakan kabel yang terhubung dengan *port* USB, bukan *port serial*. Fitur ini berguna karena banyak komputer yang sekarang ini tidak memiliki *port serial*.
3. Arduino adalah *hardware* dan *software* yang *open source*, pembaca bisa mengunduh *software* dan gambar rangkaian Arduino tanpa harus membayar ke pembuat Arduino.
4. Biaya *hardware* cukup murah, sehingga dapat terjangkau oleh pemula yang ingin mempelajari Arduino.
5. Proyek Arduino ini dikembangkan dalam lingkungan pendidikan, sehingga bagi pemula akan lebih cepat dan mudah mempelajarinya.
6. Memiliki begitu banyak pengguna dan komunitas di internet yang dapat membantu setiap kesulitan yang dihadapi.

Arduino Uno merupakan sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino Uno memuat semua yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler seperti mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya. ATmega328 pada Arduino Uno dengan sebuah *bootloader* yang memungkinkan untuk mengunggah kode baru ke ATmega328 tanpa menggunakan pemrogram *hardware* eksternal (Ichwan, 2013).



Gambar 2.8 Board Arduino Uno (Sumber: Anwar, 2015).

Gambar 2.8 merupakan *board* (papan) Arduino Uno yang di dalamnya terdapat beberapa komponen yang memiliki fungsi masing-masing. Arduino Uno berbeda

dengan Arduino tipe yang lain, dengan susunan dan juga komponen yang digunakannya.

Tabel 2. 5 Karakteristik Arduino Uno

Spesifikasi	Komponen
Mikrokontroler	ATMega328
Operasi Voltage	5 V
Input Voltage	7 – 12 V (rekomendasi)
Input Voltage	6 – 20 V (limit)
I/O	14 pin (6 pin untuk PWM)
Arus	50 mA
Flash Memory	32 KB
Bootloader	SRAM 2 KB
EEPROM	1 KB
Kecepatan clock	16 MHz

(Sumber: Anwar, 2015).

Menurut Oktarifar (2014), bagian-bagian dari papan Arduino sebagai berikut:

1. 14 pin digital (D0-D13)
Befungsi sebagai input atau output, dapat diatur oleh program. Khusus untuk 6 buah pin 3, 5, 6, 10 dan 11 dapat juga berfungsi sebagai pin analog output dimana tegangan output dapat diatur.
2. ICSP (*In-Circuit Serial Progamming*)
Port ICSP memungkinkan pengguna untuk memprogram mikrokontroler secara langsung, tanpa melalui *bootloader*.
3. 6 pin input analog (A0-A5)
Pin ini merupakan pin yang digunakan untuk menerima nilai analog keluaran dari sensor analog. Pada pin-pin inilah terdapat fasilitas ADC (*Analog to Digital Converter*) yang berfungsi mengubah atau mengkonversi nilai analog ke digital.
4. Pin sumber tegangan

Pada board Arduino Uno tersedia beberapa sambungan (pin) sumber tegangan (3.3V, 5V, GND) yang dapat dimanfaatkan untuk memberikan catu daya pada sensor.

5. Penghubung catu daya

Penghubung catu daya (*power jack*) berfungsi sebagai masukan (input) tegangan eksternal.

6. Penghubung USB

Berfungsi memuat program dari komputer ke papan, komunikasi serial antara papan dan komputer dan memberi daya listrik pada papan.

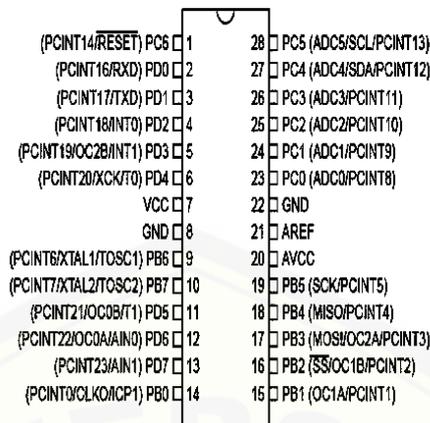
7. Tombol Reset

Tombol yang digunakan untuk mengatur ulang Arduino.

8. Mikrokontroler ATmega328

Sebagai komponen utama yang berfungsi sebagai otak atau pusat pengendalian.

Mikrokontroler ATmega328 yang biasa digunakan pada *board* Arduino merupakan mikrokontroler keluarga AVR 8 bit. Beberapa tipe mikrokontroler yang sama dengan ATmega328 ini antara lain ATmega8535, ATmega16, ATmega32. Yang membedakan antara mikrokontroler satu sama lain adalah, ukuran memori, banyaknya GPIO (pin input/output), periperial (USART, *timer*, *counter*, dll). Dari segi ukuran fisik, ATmega328 memiliki ukuran fisik lebih kecil dibandingkan dengan beberapa mikrokontroler yang lain diatas. Namun untuk segi memori dan periperial lainnya, ATmega328 tidak kalah dengan yang lainnya karena ukuran memori dan periperialnya relatif sama dengan ATmega8535, ATmega32, hanya saja jumlah GPIO lebih sedikit dibandingkan mikrokontroler yang lain diatas (Syahid, 2012).



Gambar 2.9 Konfigurasi pin ATmega328 (Sumber: Syahid, 2012).

Menurut Mulyana (2014), *software* Arduino yaitu berupa *software processing* yang digunakan untuk menulis program kedalam Arduino Uno, merupakan penggabungan antara bahasa C++ dan Java. *Software* Arduino dapat diinstall di berbagai *operating system* seperti Linux, Mac OS, Windows. *Software IDE (Integrated Development Environment)* Arduino Uno terdiri dari tiga bagian yaitu:

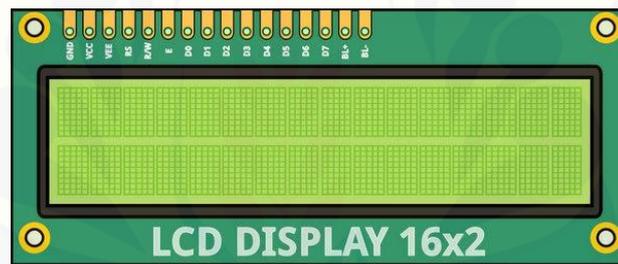
- Editor program*, untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa *processing*. *Listing* program pada Arduino disebut *Sketch*.
- Compiler* adalah modul yang berfungsi mengubah bahasa *processing* (kode program) ke dalam kode biner, karena kode biner adalah bahasa satu-satunya bahasa program yang dipahami oleh mikrokontroler.
- Uploader* adalah modul yang berfungsi memasukan kode biner ke dalam memori mikrokontroler.

Ada tiga bagian utama dalam bahasa pemrograman Arduino, yaitu struktur, variabel dan fungsi. Bagian struktur program Arduino ini meliputi kerangka program (*void setup* dan *void loop*), sintaks program (berisi tanda kurung kurawal sebagai tanda awal dan akhir program), kontrol aliran program (meliputi intruksi yang digunakan untuk membuat percabangan dan perulangan), dan operator. Sedangkan sebuah variabel digunakan untuk menyimpan sebuah nilai. Bagian fungsi meliputi fungsi input output digital, input output analog,

advanced I/O, fungsi waktu, fungsi matematika (termasuk random, intruksi byte dan bit), serta fungsi komunikasi (Artanto, 2012).

2.6 LCD

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media penampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan di berbagai bidang misalnya alat-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, atau pun layar komputer (Heryanto, 2008). Salah satu jenis LCD adalah LCD *display dot matrix* dengan jumlah karakter 2 x 16. Sebuah LCD *display dot matrix* difungsikan untuk menampilkan tulisan berupa angka atau huruf sesuai dengan yang diinginkan (sesuai dengan program yang digunakan untuk mengontrolnya) (Zain, 2013).



Gambar 2.10 Bentuk fisik LCD 2x16 (Sumber: Oktarifar, 2014).

Menurut Heryanto (2008), LCD sangat berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan status kerja alat. Adapun fitur yang disajikan dalam LCD ini adalah:

1. Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris.
2. Mempunyai 192 karakter tersimpan.
3. Terdapat karakter generator terprogram.
4. Dapat dialamati dengan mode 4-bit dan 8-bit.
5. Dilengkapi dengan *back light*.

Tabel 2.6 Fungsi dari pin-pin LCD

No Pin	Nama Pin	Fungsi Pin
Pin 1	GND	Sebagai Tegangan 0 V atau ground
Pin 2	VCC	Sebagai tegangan Vcc
Pin 3	VEE/Vcontrast	Sebagai tegangan pengatur kontras pada LCD
Pin 4	RS	RS (register select): "0" input intruksi, "1" input data
Pin 5	R/W	Sebagai signal yang digunakan untuk memilih mode membaca atau menulis. "0" menulis, "1" baca
Pin 6	E (<i>enable</i>)	Untuk memulai pengiriman data atau intruksi
Pin 7 – 14	DB 0 – DB 7	Untuk mengirimkan data karakter
Pin 15 – 16	Anode dan katode	Untuk mengatur cahaya pada background LCD atau intruksi

(Sumber: Zain, 2013).

LCD memerlukan daya yang sangat kecil, tegangan yang dibutuhkan juga sangat rendah yaitu +5 V DC. Panel TN LCD untuk pengaturan kekontrasan cahaya pada *display* dan CMOS LCD *drive* sudah terdapat di dalamnya. Semua fungsi *display* dapat dikontrol dengan memberikan instruksi. Ini membuat LCD berguna untuk keadaan yang luas dari terminal *display* unit untuk mikrokomputer dan *display* unit *measuring gages*. Cara kerja LCD yaitu: D1 – D7 pada LCD berfungsi menerima data dari mikrokontroler. Untuk menerima data, pin 5 pada LCD (R/W) harus diberi logika 0 dan berlogika 1 untuk mengirimkan data pada mikrokontroler. Setiap kali menerima/mengirimkan data untuk mengaktifkan LCD diperlukan sinyal E (*Chip Enable*) dalam bentuk perpindahan logika 1 ke 0 sedangkan pin RS (*Register Selector*) berguna untuk memilih *instruction register* (IR) atau data *register* (DR). Jika RS =1 dan R/W=1 maka akan dilakukan penulisan data ke DDRAM sedangkan jika RS dan R/W berlogika 1 akan membaca data dari DDRAM ke register DR. Karakter yang akan ditampilkan ke *display* disimpan di memori DDRAM (Zain, 2013).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember, Laboratorium Dasar Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember dan Stasiun Pengukuran Curah Hujan Dusun Kasmaran Kelurahan Bintoro Kecamatan Patrang Kabupaten Jember. Penelitian mulai dilaksanakan pada bulan September 2016 sampai Februari 2017.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang akan digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Board Arduino Uno.
2. Kabel tembaga.
3. Kabel jumper.
4. Kapasitansi meter.
5. Kapasitor.
6. LCD 2x16.
7. Multimeter.
8. PCB (Polos).
9. PCB lubang.
10. Penggaris.
11. *Project board*.
12. *Software* Arduino Uno.
13. Trimpot/potensiometer.

3.2.2 Bahan Penelitian

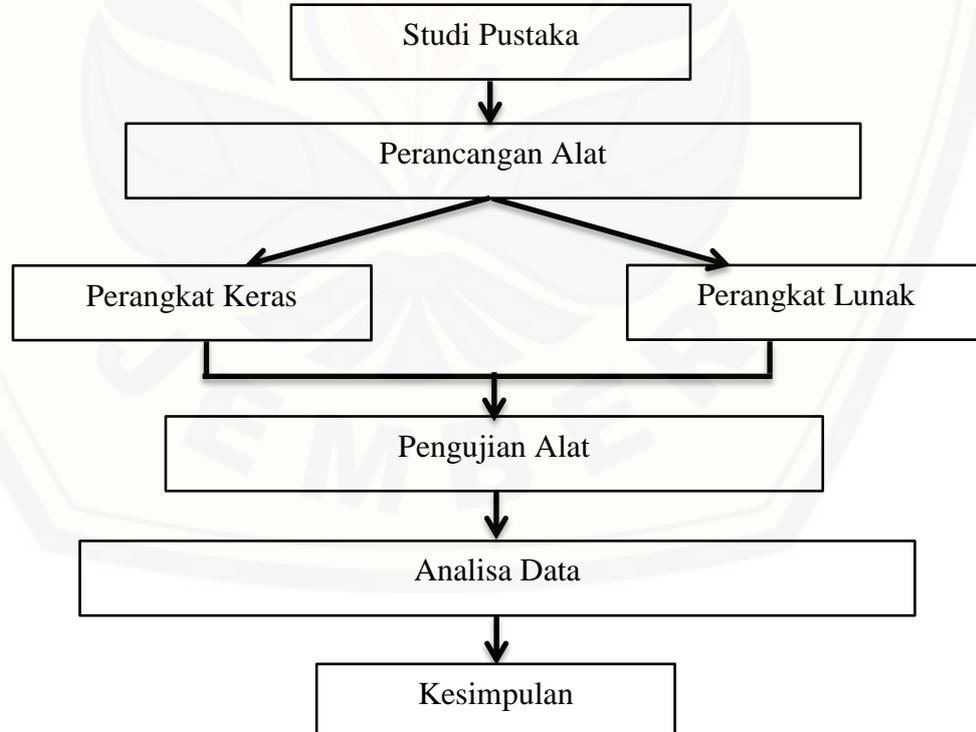
Bahan yang akan digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Air hujan.
2. Aquades.
3. Kaca.
4. Lem.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Diagram Alir

Secara garis besar pembuatan alat ukur curah hujan dilakukan secara bertahap dimulai dari perancangan sensor kapasitif menggunakan plat sejajar, penggabungan antar komponen seperti sensor kapasitif, mikrokontroler dan LCD, serta pemrograman dalam mikrontroler Arduino. Skema tahapan yang dilakukan dalam perancangan alat ukur ketinggian curah hujan pada tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian rancang bangun alat ukur curah hujan.