

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2015 hingga November 2015. Perancangan, pembuatan alat dilaksanakan di Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Lampung dan pengambilan data dilakukan di Kampung Baru.

B. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan untuk merealisasikan alat ukur curah hujan adalah:

1. *Personal Computer* (PC) untuk membuat dan mengunduh program mikrokontroler.
2. Bor listrik untuk melubangi PCB sehingga dapat dipasang komponen elektronika.
3. Solder listrik untuk melelehkan timah agar komponen elektronika dapat melekat pada PCB.
4. Penyedot timah untuk membuang timah pada PCB yang tidak terpakai.
5. Multimeter digital untuk mengukur arus (A), resistansi (R), tegangan AC dan DC serta untuk mengecek komponen elektronika.
6. Gergaji untuk memotong PCB.
7. AVR USB ASP untuk mengunduh program ke mikrokontroler.
8. Wadah berbentuk tabung sebagai penampung utama air hujan.

9. Timbangan untuk mengukur massa air hujan yang jatuh ke wadah utama.

Sedangkan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

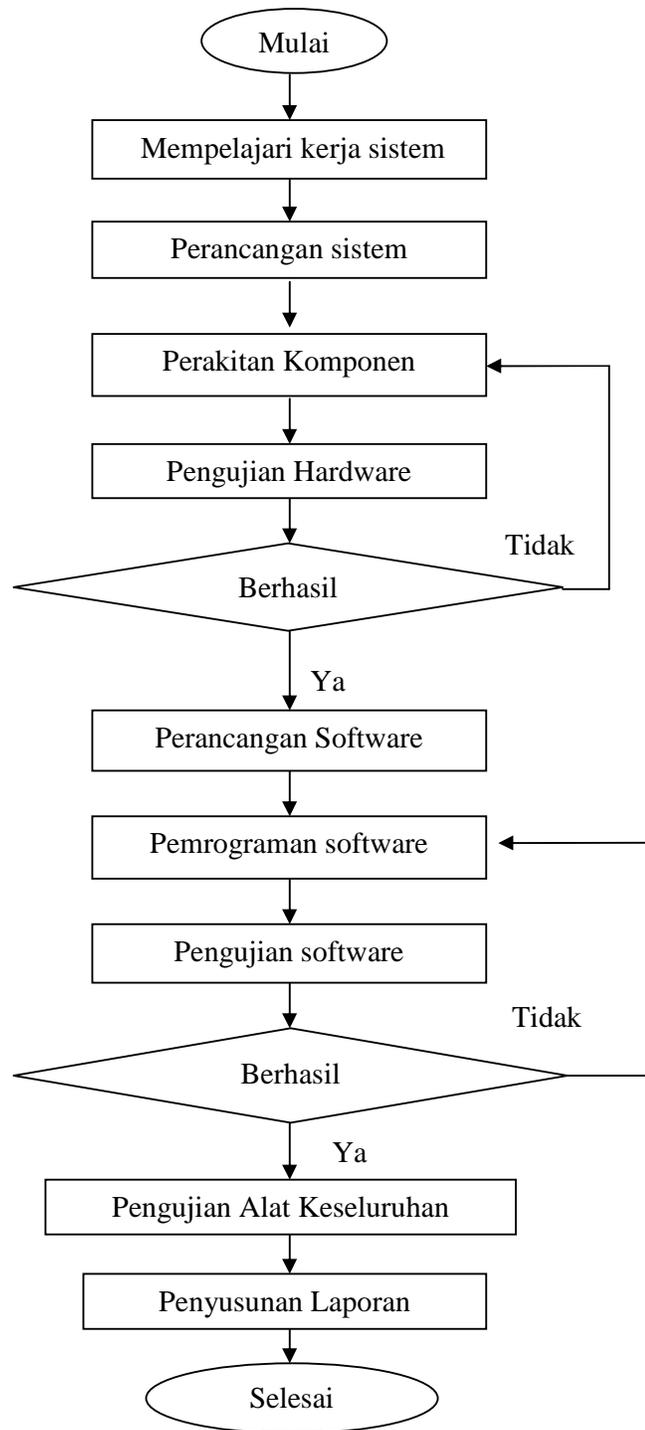
1. Papan *Printed Circuit Board* (PCB) untuk menghubungkan komponen-komponen elektronika pada rangkaian agar arus mengalir seperti pada kabel.
2. *Feriklorida* (FeCl) untuk melarutkan PCB agar diperoleh jalur yang jelas dan sesuai dengan hasil *layout*.
3. Timah digunakan untuk merekatkan komponen pada *Printed Circuit Board* (PCB).
4. *Accumulator* sebagai sumber tegangan.
5. Resistor digunakan sebagai penghambat arus.
6. Transistor sebagai pensaklaran pada relay.
7. Relay untuk pengontrolan *valve* solenoida.
8. Kabel digunakan sebagai penghubung antar rangkaian.
9. IC Mikrokontroler ATmega32 + soket sebagai pengontrol utama rangkaian pengendalian dan perekam data.
10. XTAL 11.0592 MHz dan 32.768 KHz sebagai sumber detak.
11. *Micro SD* sebagai media penyimpanan data yang dikirimkan mikrokontroler.
12. *Liquid Crystal Display* (LCD) yang digunakan untuk menampilkan nilai curah hujan.
13. *Real Time Clock* (RTC) sebagai sistem pewaktuan yang mengatur waktu dan tanggal dalam proses penyimpanan data.

14. *Valve solenoid* sebagai kran air hujan ketika air hujan keluar dari corong dan masuk ke dalam wadah penampung dan sebagai kran pembuangan air hujan ketika air hujan telah memenuhi wadah penampung utama .
15. Sensor *flexi force* sebagai pendeteksi volume air hujan.

C. Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan beberapa langkah dalam perancangan alat dengan tujuan agar dapat mengetahui tahapan-tahapan pembuatan alat hingga selesai dan diperoleh hasil yang sesuai. Diagram alir kerja untuk merealisasikan alat ukur curah hujan seperti pada Gambar 3.1. Gambar 3.1 menunjukkan bahwa terdapat dua tahap langkah kerja realisasi alat, yaitu tahap pembuatan *hardware* dan tahap perancangan *software*.

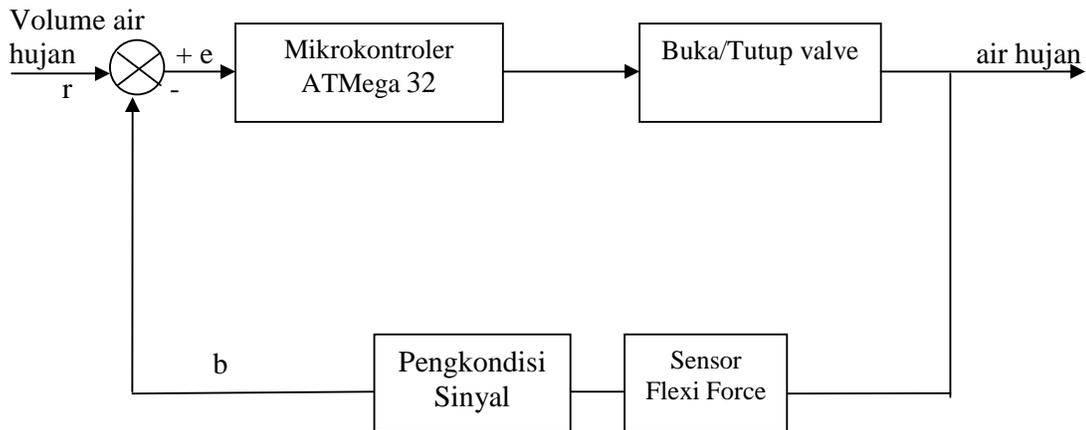
Dalam diagram alir dijelaskan tahapan-tahapan penelitian. Mempelajari konsep dan sistem kerja dari alat yang akan dibuat. Kemudian perancangan sistem dan perakitan komponen. Setelah itu dilakukan pengujian *hardware*. Setelah pengujian *hardware* berhasil, selanjutnya dilakukan perancangan *software* dengan menggunakan *software* yang mudah dipahami agar pemrograman dapat mudah dilakukan, setelah pemrograman dibuat selanjutnya dilakukan pengujian *software*. Setelah berhasil, dilakukan pengujian alat keseluruhan dan penyusunan laporan.



Gambar 3.1. Diagram Alir Langkah Kerja Realisasi Alat

1. Rancang Bangun Perangkat Keras

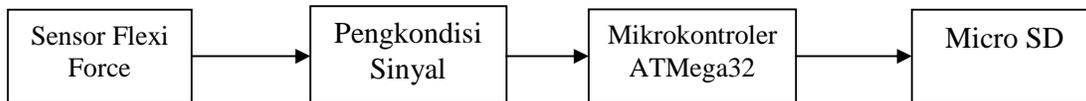
Perangkat keras dari sistem alat ukur curah hujan ini terdiri dari sistem pengendalian dan akuisisi data. Skema sistem pengendalian ditunjukkan oleh diagram blok pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Diagram Blok Sistem Pengendalian

Dari Gambar 3.2 terlihat bahwa besaran fisis yang menjadi referensi (r) adalah volume air hujan, volume air hujan yang terukur ini dikonversi menjadi tegangan yang kemudian akan dibaca oleh sensor *flexiforce*. Ketika volume air hujan yang terukur bernilai 60 dan 310 ml maka mikrokontroler akan mengendalikan relay untuk membuka dan menutup *valve*, dimana ketika tegangan yang dikeluarkan sensor setara dengan nilai volume sebesar 60 ml maka *valve* 1 akan membuka dan *valve* 2 menutup sehingga terjadi proses pengisian air. Ketika tegangan yang dikeluarkan sensor menunjukkan nilai yang setara dengan volume sebesar 310 ml maka *valve* 1 menutup dan *valve* 2 membuka sehingga dapat dilakukan pengosongan air hujan yang berada di dalam tabung penampung.

Sedangkan skema akuisisi data ditunjukkan oleh diagram blok pada Gambar 3.3.

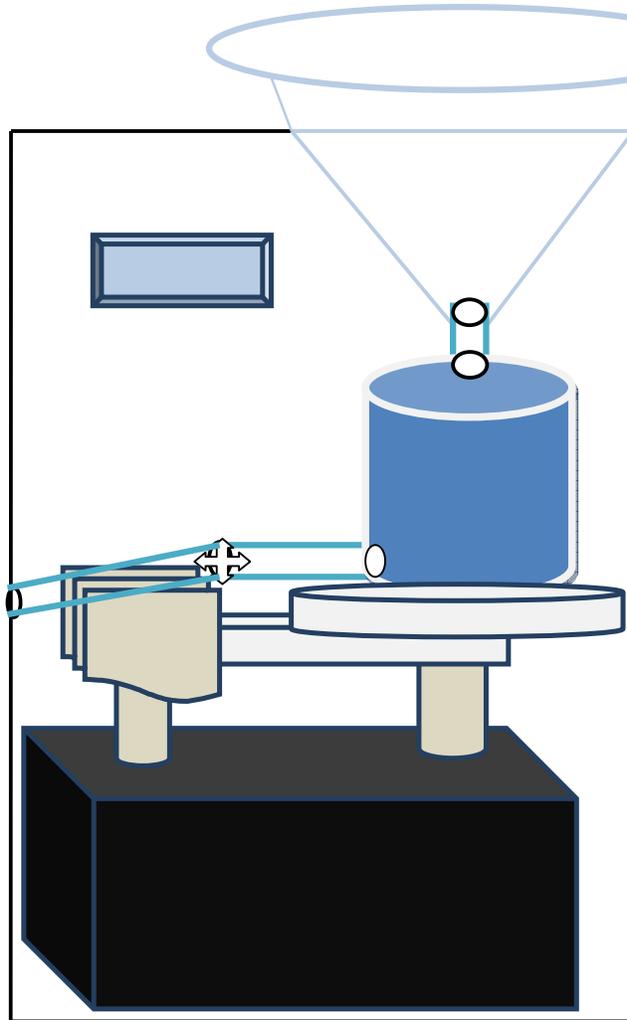


Gambar 3.3. Diagram Blok Sistem Akuisisi Data

Dari Gambar 3.3 terlihat bahwa sensor *flexiforce* dihubungkan ke rangkaian mikrokontroler, rangkaian sensor *flexiforce* menggunakan rangkaian pengkondisi sinyal agar keluaran dari sensor mampu dibaca oleh mikrokontroler, kemudian data yang terbaca pada mikrokontroler diteruskan kedalam mikro SD yang berfungsi sebagai media penyimpanan data.

Prinsip alat ukur curah hujan pada penelitian ini menggunakan metode timbangan dan sensor *flexiforce* sebagai pengukurnya. Jika ada penambahan berat pada tabung air hujan, sensor akan mendeteksi berat air hujan. Kemudian keluaran dari sensor yang berupa perubahan resistansi ini akan diubah menjadi perubahan tegangan oleh rangkaian pengkondisi sinyal agar dapat diolah oleh rangkaian mikrokontroler. Nilai berat yang akan disimpan ketika air hujan memenuhi tabung penampung dengan nilai kurang dari 310 ml yang berarti penuh. Setelah tersimpan, maka mikrokontroler mengendalikan relay untuk membuka *valve outlet*, kemudian dilakukan pembuangan air hujan. Rangkaian ADC yang terdapat pada mikrokontroler ini akan mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital. Kemudian hasil konversi dari rangkaian ADC akan diproses oleh rangkaian mikrokontroler untuk ditampilkan ke *display* LCD. Mikrokontroler mengolah data

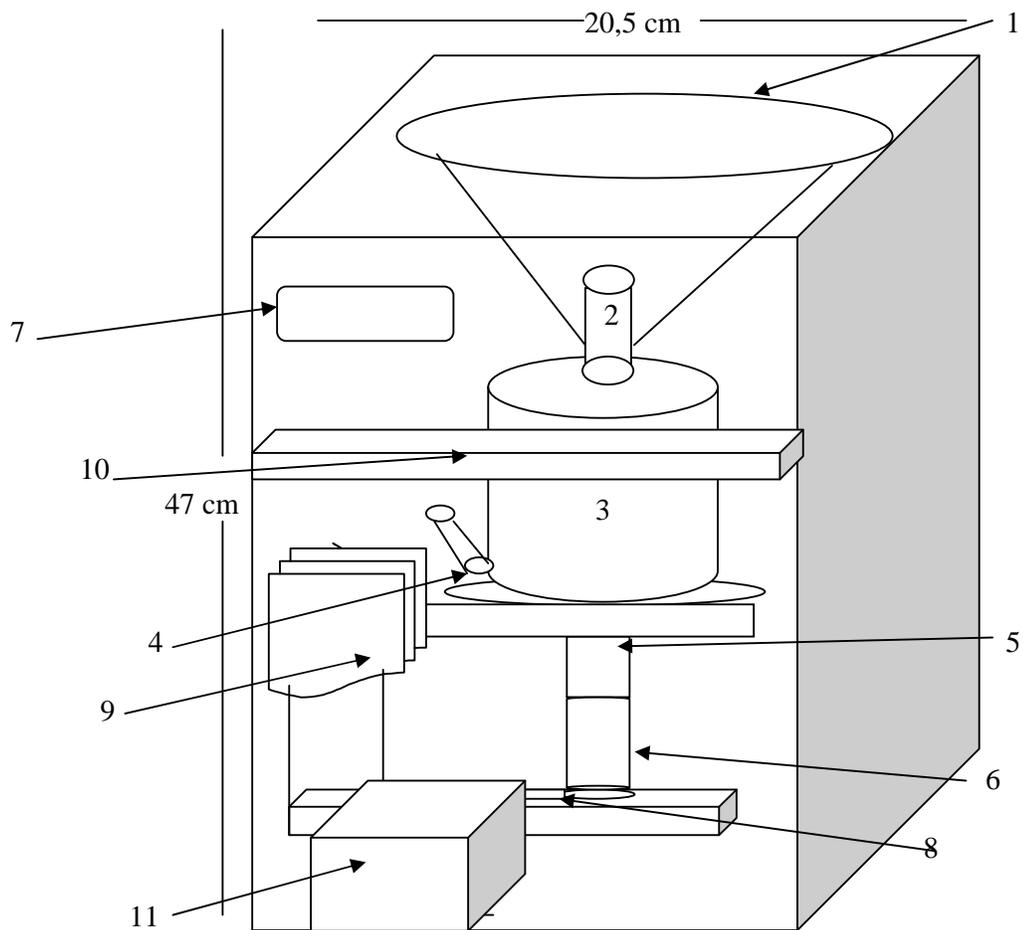
dari ADC kemudian di tampilkan melalui LCD. Prosedur perancangan alat ukur curah hujan dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Perangkat Keras Alat Ukur Curah Hujan

Gambar 3.4 menunjukkan rancangan perangkat keras alat ukur curah hujan.

Penjelasan mengenai keterangan akan dijelaskan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Skema Perangkat Keras Beserta Keterangan

Keterangan dari Gambar 3.5 adalah:

1. Corong
2. *Valve* solenoida
3. Wadah penampung air hujan (tinggi tabung 15 cm dengan diameter 10 cm)
4. *Valve* solenoida
5. Timbangan dan Penyangga (diameter timbangan 11,5 cm dan diameter penyangga 5 cm)
6. Penekan sensor (diameter 1,3 cm)

7. LCD
8. Sensor *flexiforce*
9. Statis timbangan
10. Rangkaian mikrokontroler, relay, RTC dan *micro SD*
11. *Accumulator*

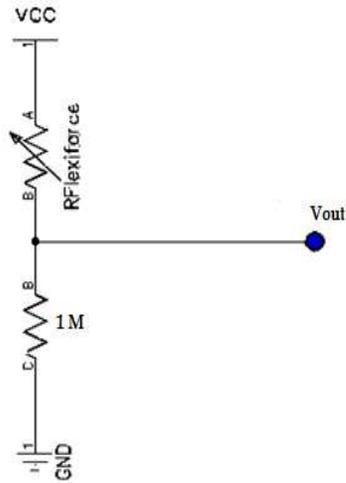
a. Sumber Tegangan

Sumber tegangan yang digunakan pada penelitian ini bukanlah sumber tegangan jenis konverter AC/DC yang mengubah tegangan bolak-balik (AC) menjadi tegangan searah (DC), melainkan menggunakan jenis konverter DC/DC yang mengubah tegangan dari sumber DC. Karena sistem alat yang dirancang bersifat portabel, maka sumber tenaga yang digunakan adalah *accumulator* dengan tipe konversi DC/DC. Sumber tegangan yang digunakan berupa *accumulator* yang memiliki tegangan 12 volt dengan kapasitas 5000 mAh.

Mikrokontroler ATmega32 memiliki tegangan logika 4,5-5,5 volt pada kondisi *high*, sedangkan tegangan yang dimiliki Micro SD untuk memenuhi kondisi *high* sebesar 2,8-3,6 volt. Sehingga perlu dipasang IC *regulator* LM317 untuk menurunkan tegangan 5 volt menjadi 3,3 volt.

b. Rangkaian Sensor Dan Pengkondisi Sinyal

Rangkaian sensor yang akan digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.6.



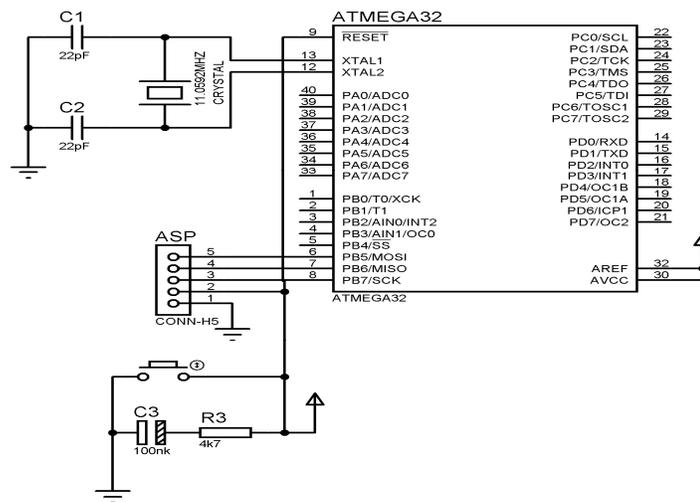
Gambar 3.6. Rangkaian Sensor *flexiforce*

Sensor *flexiforce* memiliki 3 buah pin konektor, pin yang pertama merupakan pin keluaran dari sensor, pin yang kedua merupakan pin *inactive* sedangkan pin yang ketiga dihubungkan dengan sumber tegangan 5 V. Pada pin pertama sensor akan dihubungkan dengan rangkaian pembagi tegangan yang berfungsi sebagai pengkondisi sinyal. Pengkondisi sinyal yang direkomendasikan oleh perusahaan pembuat sensor *flexiforce* (Texas) adalah berupa rangkaian *inverting* dengan menggunakan IC MC604. Jika menggunakan IC penguat lain, hasil yang diperoleh tidak sesuai dengan *Datasheet* sensor, namun IC MC604 tidak terdapat di Indonesia sehingga digunakan rangkaian pembagi tegangan sebagai alternatif pengkondisi sinyal, dan hasil yang diperoleh setelah menggunakan rangkaian pembagi tegangan sesuai dengan *Datasheet* sensor. Keluaran dari sensor ini berupa perubahan resistansi, pada saat keadaan tanpa beban resistansi sebesar 5 M Ω dan ketika mendapatkan beban maksimum resistansi sensor *flexiforce* sebesar 20 K Ω .

c. Rangkaian Sistem ATmega32

Mikrokontroler ATmega32 yang digunakan pada penelitian ini berfungsi sebagai pusat kendali dari seluruh sistem yang ada. Mikrokontroler ATmega32 dipilih karena sudah dilengkapi dengan ADC internal dengan lebar 10 bit dan memiliki RAM 2 kbyte. Rangkaian sistem mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 3.7.

Pada Gambar 3.7 terlihat bahwa rangkaian sistem mikrokontroler ATmega32 menggunakan frekuensi Kristal sebesar 11,0592 MHz dan dua buah kapasitor masing-masing sebesar 22 pF. Fungsi kapasitor disini adalah untuk menstabilkan osilasi yang dihasilkan oleh kristal.



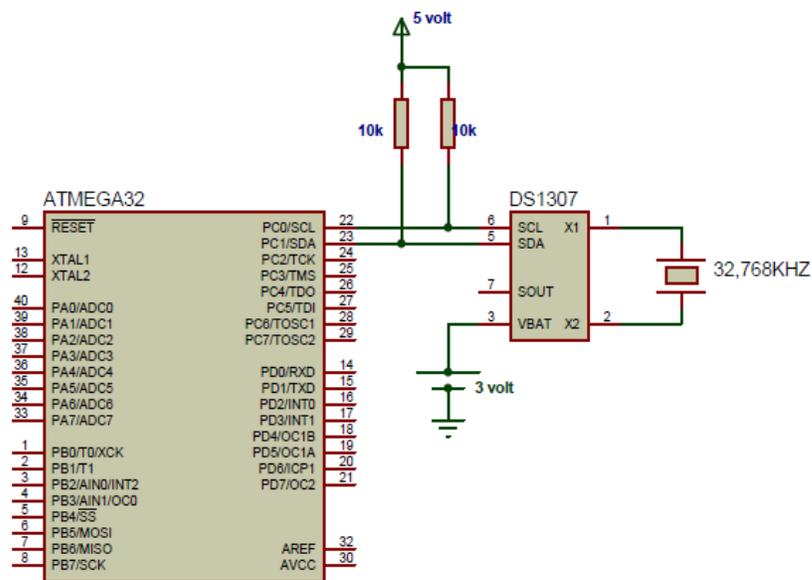
Gambar 3.7. Rangkaian Sistem Mikrokontroler ATmega32

Penempatan antara kapasitor dengan kristal diusahakan sedekat mungkin untuk menghindari terjadinya *noise*. Rangkaian yang tersusun atas kristal dan kapasitor tersebut disebut rangkaian osilator yang berfungsi untuk membangkitkan *clock* pada mikrokontroler. *Clock* diperlukan mikrokontroler untuk mensinkronkan

proses yang sedang berlangsung. Selain rangkaian osilator, dalam sistem mikrokontroler ini terdapat juga rangkaian *reset*. Rangkaian ini dibuat untuk mereset sistem sehingga proses dapat dijalankan mulai dari awal lagi. Rangkaian ASP digunakan saat mengunduh program ke mikrokontroler.

d. Rancangan rangkaian RTC

RTC DS1307 berkomunikasi dengan menggunakan 2 buah jalur yaitu SDA dan SCL. ATmega32 pada *port C* pin 1 sebagai SDA dan *port C* pin 0 sebagai SCL. Skematik rangkaian RTC menggunakan DS1307 seperti pada Gambar 3.8.



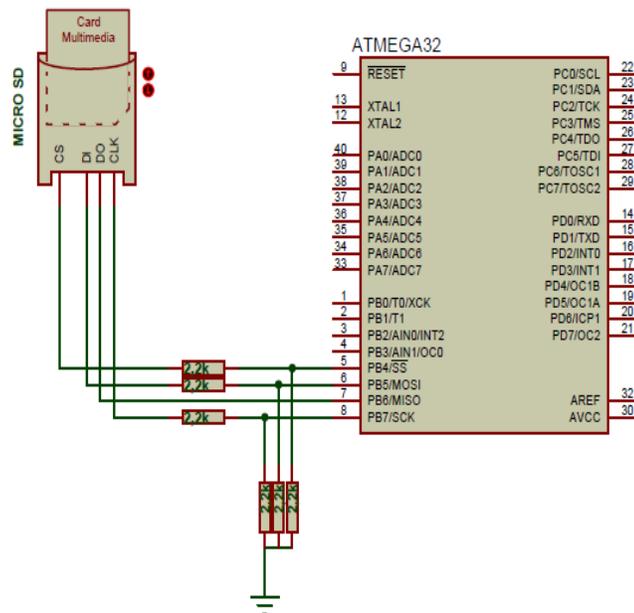
Gambar 3.8. Rangkaian RTC DS1307.

RTC DS1307 membutuhkan 2 (dua) buah *pull-up resistor* pada kaki SDA dan SCL. Resistor ini digunakan untuk membuat kondisi logika pada jalur SDA dan SCL menjadi *high* ketika tidak ada sinyal dari mikrokontroler. Kristal yang digunakan memiliki nilai 32.768 kHz berfungsi sebagai pembangkit frekuensi

osilator. Agar tanggal dan waktu tetap berjalan, diperlukan sumber tenaga cadangan ketika catudaya dimatikan. Oleh karena itu, digunakan *Micro Lithium Cell* bertipe CR2032 dengan tegangan 3 volt.

e. Rangkaian Micro SD dengan ATmega32

Micro SD pada penelitian ini digunakan sebagai penyimpan data. *Micro SD* yang digunakan berkapasitas 2 GB. Skematik rangkaian *micro SD* dan ATmega32 ditunjukkan oleh Gambar 3.9.

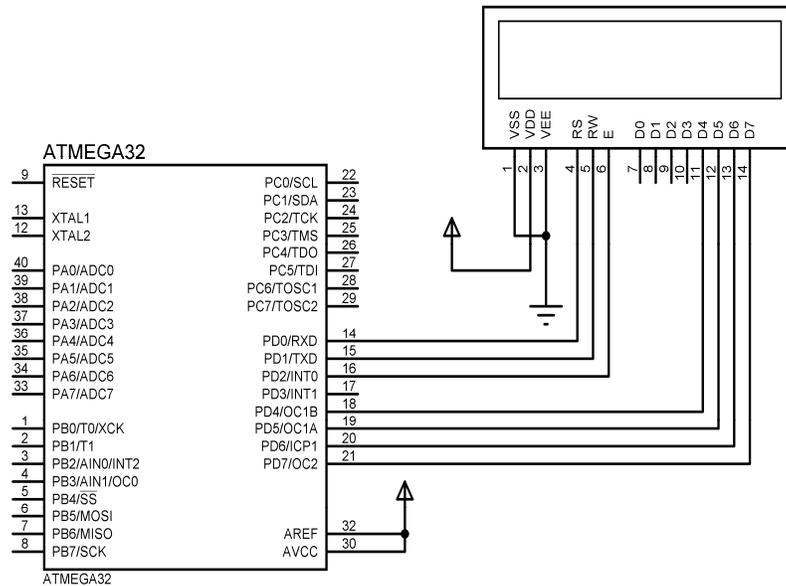


Gambar 3.9. Skematik Rangkaian *Micro SD* dan ATmega32

Dari Gambar 3.10 terlihat bahwa *micro SD* dihubungkan dengan mikrokontroler ATmega32 secara *Serial Peripheral Interface* (SPI). Antarmuka ini menggunakan jalur MISO, MOSI, SCK, dan SS. Untuk menyambungkan *micro SD* dengan mikrokontroler maka digunakan sebuah soket agar *micro SD* dapat mudah dicabut dan diganti.

f. Rangkaian LCD

LCD digunakan untuk menampilkan karakter-karakter berupa huruf dan angka. Rangkaian LCD seperti pada Gambar 3.10.



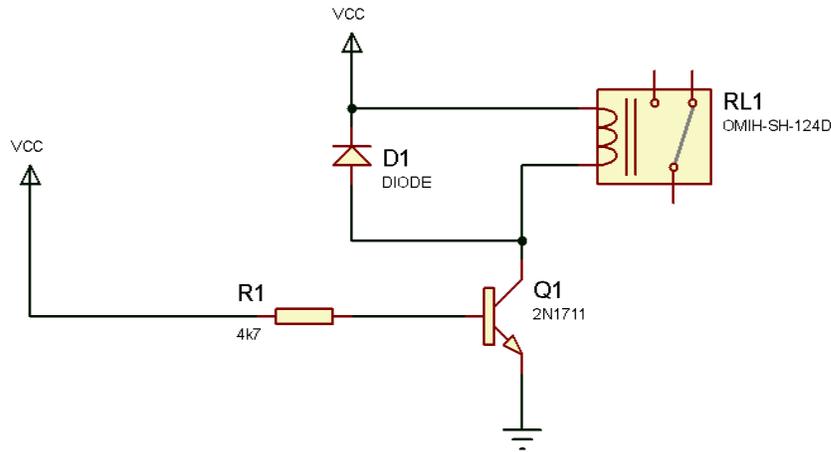
Gambar 3.10. Skematik Rangkaian LCD.

Rangkaian ini terhubung ke PD0-PD7, yang merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu TWI, komparator analog, dan *Timer Osilator*. *Display* karakter pada LCD diatur oleh pin *Enable* (E), *Register Select* (RS) dan *Read/Write* (RW). Pin RW dihubungkan ke *ground* karena kita hanya melakukan operasi *write*, dan data bus yang digunakan hanya 4 yakni D4-D7.

g. Rangkaian Relay

Relay adalah suatu rangkaian *switch magnetic* yang bekerja apabila mendapat

catu dari rangkaian *trigger*. Relay memiliki tegangan dan arus nominal yang harus dipenuhi *output* rangkaian pengendalinya.

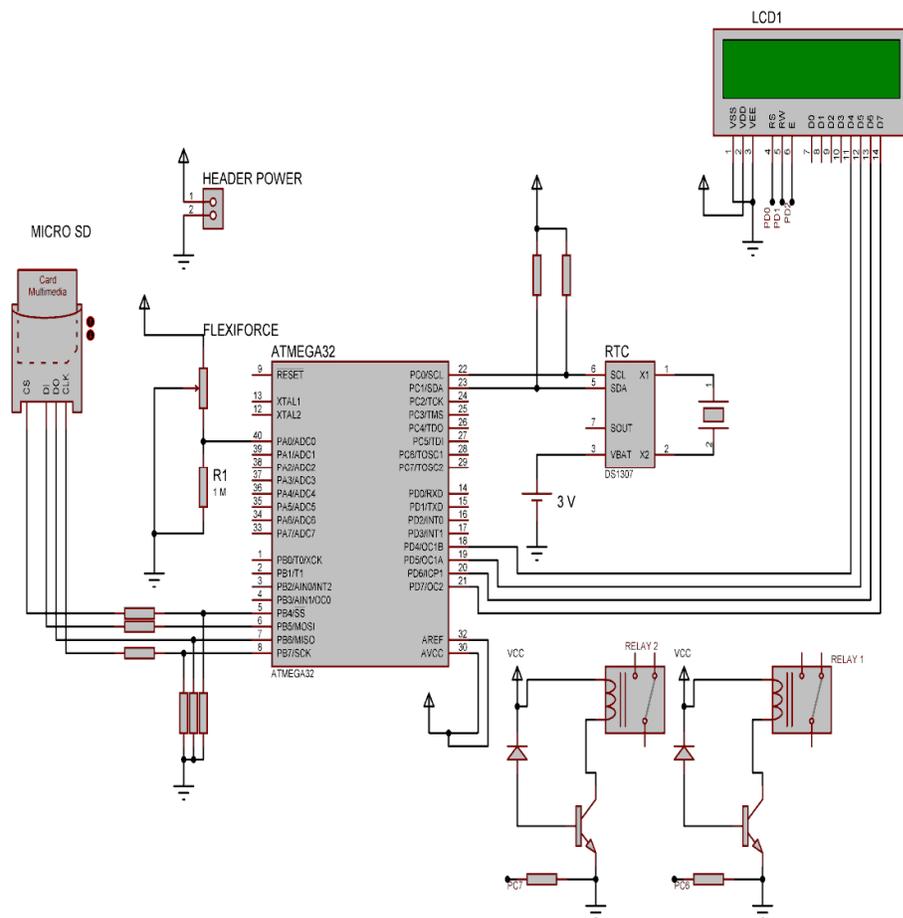


Gambar 3.11. Skematik Rangkaian Relay.

Gambar 3.11 merupakan rangkaian relay yang digunakan dalam penelitian ini. Relay terhubung karena akibat basis transistor yang dialiri oleh arus dari kolektor ke emitor. Fungsi dioda pada rangkaian adalah untuk melindungi transistor dari tegangan induksi berlebih dimana tegangan ini dapat merusak transistor. Vcc yang dihubungkan ke resistor merupakan nilai tegangan dari mikrokontroler.

h. Rangkaian Keseluruhan

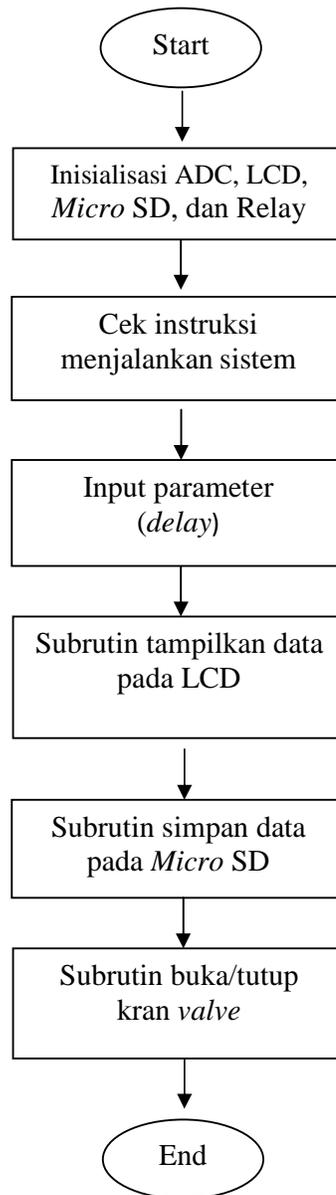
Rangkaian keseluruhan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.12. Dimana *port* A0 dihubungkan ke sensor *flexiforce*, Penyimpanan *Micro SD* menggunakan *port* B, Rangkaian *Real Time Clock* menggunakan *port* C karena pada *port* C terdapat pin SCL dan SDA, pada *port* C6 dan C7 digunakan untuk inputan relay dari mikrokontroler dan kemudian *port* D digunakan untuk rangkaian LCD.



Gambar 3.12. Rangkaian Keseluruhan

2. Rancang Bangun Perangkat Lunak

Perangkat lunak sangat berhubungan erat dengan kinerja perangkat keras. Karena perangkat lunak yang akan memprogram perangkat keras sehingga dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Bahasa pemrograman yang digunakan perangkat lunak dalam penelitian ini adalah bahasa C. *Compiler* yang digunakan adalah code vision AVR 2.04.4a karena telah dilengkapi dengan pustaka *micro SD*. Diagram alir untuk sistem perangkat lunak alat ukur curah hujan ditunjukkan pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13. Diagram Alir Sistem Perangkat Lunak

3. Rancangan Data Pengamatan

Setelah perancangan dan pembuatan alat ukur curah hujan dengan metode timbangan menggunakan sensor *flexiforce* berhasil dibuat, selanjutnya adalah pengambilan data penelitian. Tabel 3.1 berikut ini merupakan rancangan tabel

data pengukuran perubahan tegangan terhadap massa. Terdapat dua tabel pengukuran yakni tabel kalibrasi pada sensor dan tabel pengukuran data curah hujan.

Tabel 3.1. Data Kalibrasi Sensor

No	Volume air (ml)	Tegangan (V)
1		
2		
3		

Tabel 3.2. Data Pengukuran Curah Hujan

No	Tanggal	Waktu	Curah hujan (h) (mm)
1			
2			
3			
4			

Data pengamatan yang terdapat pada Tabel 3.2 berdasarkan persamaan berikut:

Persamaan yang digunakan untuk menentukan ketinggian curah hujan pada penelitian ini, terlihat pada persamaan (5):

$$h = \frac{V}{A} \quad (5)$$

Sistem yang digunakan dalam penelitian ini berupa sistem timbangan, maka untuk mengetahui jumlah volume digunakan persamaan (7):

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (6)$$

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (7)$$

Sehingga apabila persamaan (7) disubstitusikan ke dalam persamaan (5), maka diperoleh persamaan 9:

$$h = \frac{m}{\rho \cdot A} \quad (8)$$

$$h = \frac{m}{\rho \cdot \pi r^2} \quad (9)$$

dimana:

h = Ketinggian curah hujan (mm)

A = Luas penampang permukaan corong (cm²)

m = Massa (gr)

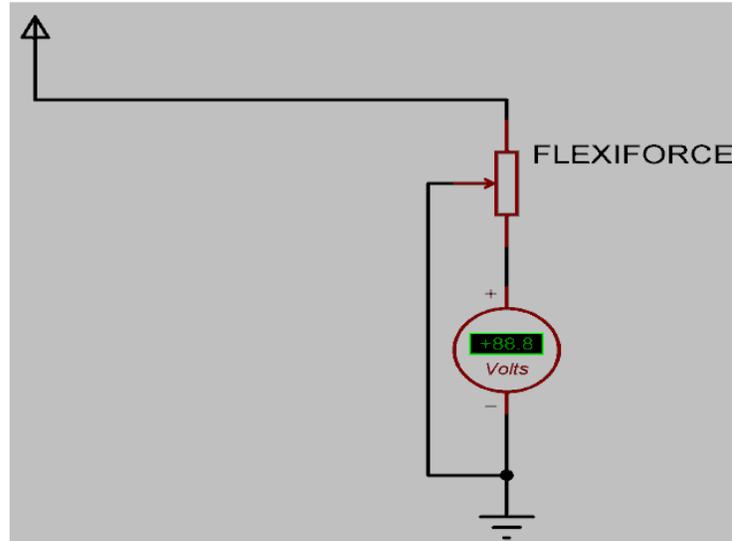
v = Volume (ml)

r = Jari-jari corong (cm)

ρ = Massa jenis air hujan (gr/cm³)

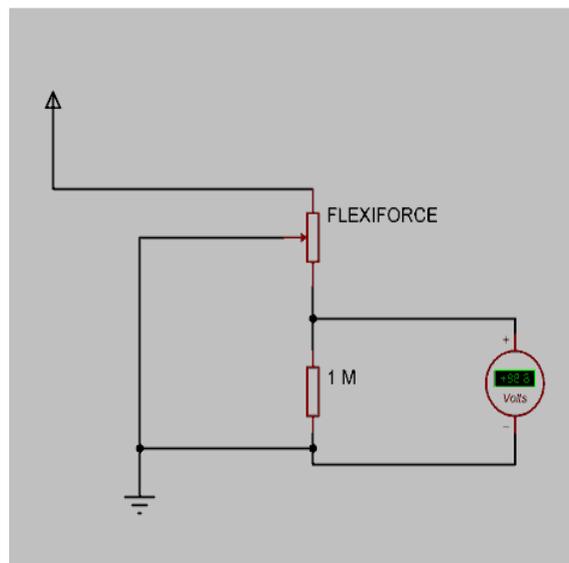
4. Pengujian karakteristik sensor

Pengujian karakteristik sensor dilakukan dengan dua cara. Pertama untuk melihat nilai resistansi sensor dan kedua untuk melihat nilai tegangan sensor. Pengujian resistansi tidak membutuhkan sumber tegangan, sedangkan pada pengujian tegangan membutuhkan sumber tegangan. Pengujian dan pengukuran data dilakukan terhadap sampel berupa air. Pengujian untuk mengukur tegangan sensor dilakukan dengan menggunakan rangkaian pengkondisi sinyal (menggunakan rangkaian pembagi tegangan) dan tanpa rangkaian pengkondisi sinyal. Pengujian tanpa rangkaian pembagi tegangan ditunjukkan oleh Gambar 3.14.



Gambar 3.14. Sensor *Flexiforce* Tanpa Rangkaian Pembagi Tegangan

Pengambilan data karakteristik sensor menggunakan multimeter sebagai alat ukurnya, dimana kaki *output* sensor dihubungkan ke positif multimeter dan negatif multimeter dihubungkan ke pin *inactive* sensor.



Gambar 3.15. Sensor *Flexiforce* Menggunakan Rangkaian Pembagi Tegangan

Gambar 3.15 menunjukkan bahwa pengukuran sensor menggunakan rangkaian pembagi tegangan dengan keluaran sensor sebagai resistansi *top* dan resistansi *bottom* menggunakan resistor 1 Mohm. Keluaran dari rangkaian ini terletak di antara resistor *top* dan *bottom* yang kemudian dihubungkan ke multimeter.