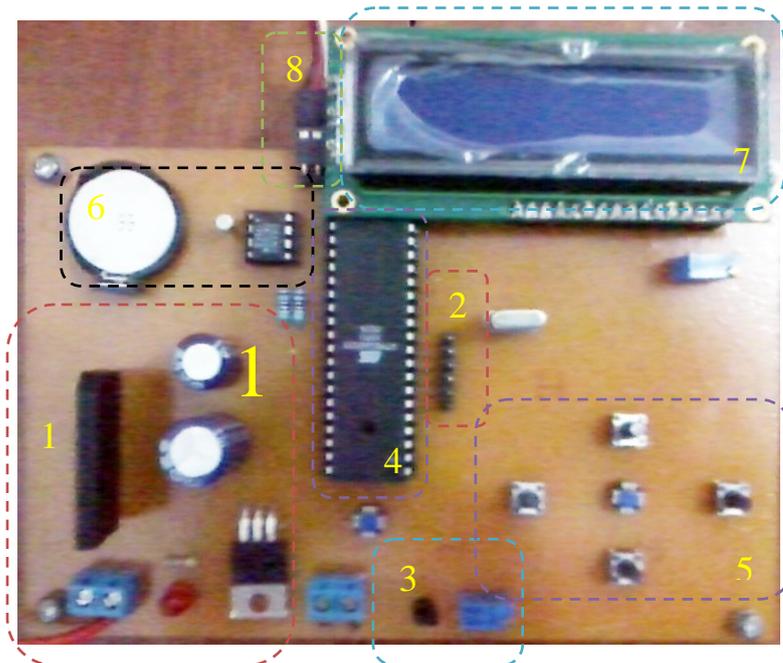


IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Realisasi Perangkat Keras

Hasil dari perancangan perangkat keras sistem penyiraman tanaman secara otomatis menggunakan sensor suhu LM35 ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 18. Rangkaian *input* dan pengendali utama

Keterangan gambar :

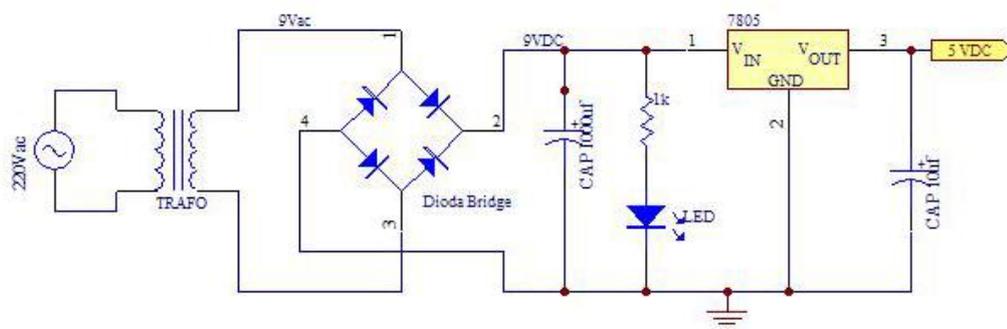
1. Rangkaian *power supply*
2. Soket *Downloader*

3. Sensor suhu LM35
4. Mikrokontroler ATmega8535
5. *Push button* pengaturan *Real Time Clock (RTC)* dan *timer*
6. RTC DS1307 dan baterai bios 3V
7. *Liquid Crystal Display (LCD)*
8. Konektor motor servo

Pengujian perangkat keras bertujuan untuk mengetahui apakah sistem yang dirancang dapat berjalan dengan baik atau tidak. Adapun perangkat keras yang diuji antara lain :

1. Rangkaian *Power Supply*
2. Pengendali utama
3. Sensor suhu LM35
4. Motor servo
5. RTC DS1307
6. *Liquid Crystal Display (LCD)*

1. Pengujian Rangkaian *Power Supply*



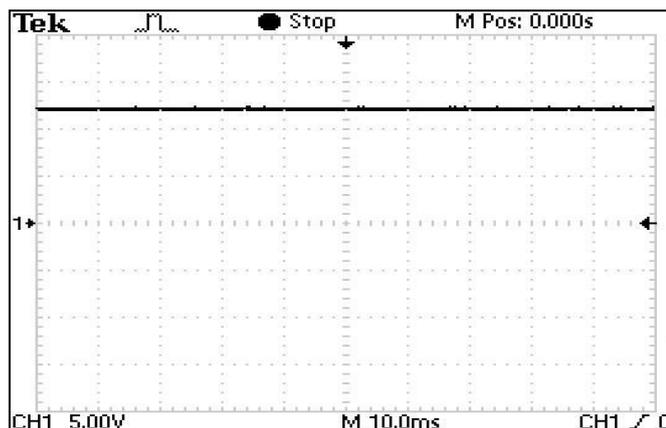
Gambar 19. Skematik *Power Supply* dengan Keluaran 5V DC

Masukan rangkaian DC 5 volt bersumber dari tegangan AC 220 volt yang disearahkan dengan menggunakan 4 buah dioda. Gambar 18 adalah skematik *Power Supply* dengan keluaran 5V DC yang merupakan rangkaian penyearah DC 5 volt.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya tegangan dan arus yang dihasilkan apakah dapat mencatu rangkaian mikrokontroler secara keseluruhan dan dapat menggerakkan motor servo. Untuk mengetahui arus dan tegangan yang dibutuhkan oleh beban maka dipasang resistor sebagai analogi beban.

Sumber Listrik dari PLN berupa tegangan 220 V dihubungkan ke *trafo step down*, maka *output* dari *trafo* berupa tegangan 9 Vac. Tegangan 9 Vac tersebut kemudian disearahkan menggunakan rangkaian penyearah gelombang penuh yang terdiri dari empat buah dioda.

Pada saat siklus pertama plus (+), minus (-) dioda berkonduksi. Ada dua dioda yang berkonduksi yaitu dioda 1 dan dioda 2, sehingga mendapatkan *output* setengah gelombang pertama. Kemudian pada saat siklus kedua minus (-), plus (+) yang berkonduksi ada dua buah dioda yaitu dioda tiga dan dioda empat. sehingga mandapatkan *output* setengah gelombang kedua. Maka dengan demikian *output* dari rangkaian penyearah gelombang penuh adalah setengah gelombang penuh (tegangan DC) yang masih banyak *ripple* , sehingga untuk menghilangkan *ripple* menggunakan Kapasitor 1000uf. Semakin besar nilai kapasitansinya, maka semakin kecil *ripple* yang dihasilkan. Tegangan DC 9 volt tersebut kemudian diturunkan menjadi 5 volt dengan menggunakan IC 7805. IC Regulator 7805 tersebut berfungsi untuk meregulasi tegangan supaya stabil 5 volt.



Gambar 20. Bentuk gelombang input 5 Volt DC

2. Pengujian Pengendali Utama

Pengujian terhadap pengendali utama bertujuan untuk mengetahui apakah mikrokontroler ATmega8535 yang digunakan pada rangkaian dapat bekerja dengan baik atau tidak. Cara pengujiannya adalah dengan mengecek setiap pin *input* dan *output* yang ada pada mikrokontroler tersebut. Selain itu juga dilakukan pengujian terhadap pin dari mikrokontroler yang dihubungkan dengan konektor LCD, motor servo, dan sensor LM35.

Cara mengetahui apakah pin-pin pada mikrokontroler dapat bekerja dengan baik adalah dengan mengukur tegangan pada setiap pin tersebut. Apabila mikrokontroler diberikan logika *high*, tegangan yang terukur sekitar 4,5 – 5,5 V. Dan apabila diberikan logika *low*, tegangan yang terukur mendekati 0 V. Nilai tersebut didapat dari *datasheet* mikrokontroler ATmega8535. Pengujian pada mikrokontroler ATmega8535 dilakukan dengan mengambil satu sampel yaitu mengukur tegangan pada pin A0 yang dihubungkan dengan sensor suhu LM35 dan pin C7 yang dihubungkan dengan konektor motor servo.

Pengukuran dilakukan dengan cara memberikan logika *high* dan *low* pada pin yang akan diukur dan hasilnya dapat langsung dilihat pada multimeter digital yang digunakan. Pada pin A0, ketika diberikan logika *high* nilai yang terbaca adalah 4,53 volt dan ketika diberikan logika *low* nilai yang terbaca adalah 0.07 mvolt. Sedangkan pada pin C7, ketika diberikan logika *high* nilai yang terbaca adalah 4,57 volt dan ketika diberikan logika *low* nilai yang terbaca adalah 0.07 mvolt. Dengan demikian dapat dilihat bahwa nilai yang didapat telah sesuai dengan datasheet mikrokontroler ATmega8535, sehingga dapat digunakan pada rangkaian.

3. Pengujian Sensor Suhu LM35

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor Suhu LM35 yang dipakai dalam penelitian ini berupa komponen elektronika elektronika yang diproduksi oleh *National Semiconductor*. LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan.

Meskipun tegangan sensor ini dapat mencapai 30 volt akan tetapi yang diberikan kesensor adalah sebesar 5 volt, sehingga dapat digunakan dengan catu daya tunggal dengan ketentuan bahwa LM35 hanya membutuhkan arus sebesar 60 μA hal ini berarti LM35 mempunyai kemampuan menghasilkan panas (*self-heating*)

dari sensor yang dapat menyebabkan kesalahan pembacaan yang rendah yaitu kurang dari $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada suhu $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Pengujian sensor LM35 ini dilakukan setelah terpasang pada rangkaian. Pada saat rangkaian diletakkan pada suatu ruangan, maka sensor suhu akan mendeteksi suhu ruangan tersebut. Data suhu hasil pengujian dapat langsung dilihat pada LCD. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa suhu ruangan yang diuji pada malam hari berkisar antara $+23^{\circ}\text{C}$ sampai dengan $+26^{\circ}\text{C}$. Sedangkan suhu ruangan yang diuji pada siang hari berkisar antara $+26^{\circ}\text{C}$ sampai dengan $+28^{\circ}\text{C}$.

Sensor suhu LM35 memiliki 3 pin yang terdiri dari pin GND (*ground*), tegangan keluaran (V_{out}), serta tegangan masukan ($+V_s$). Pada rangkaian pengendali utama pin V_{out} pada LM35 dihubungkan pada pin A0 mikrokontroler ATmega8535. Sebagai isyarat masukan LM35 menerima perintah dari mikrokontroler untuk mendeteksi suhu udara di sekitar sensor. Kemudian sensor LM35 memberikan isyarat keluaran berupa nilai suhu yang telah dideteksi. Data hasil pendeteksian tersebut kemudian ditampilkan pada LCD.

Suhu yang dapat dideteksi oleh sensor suhu LM35 memiliki rentang antara -55°C sampai dengan $+150^{\circ}\text{C}$. Sensor LM35 dapat langsung dihubungkan pada rangkaian pengendali tanpa menggunakan rangkaian pengkondisi sinyal secara terpisah.



Gambar 21. Susunan pin sensor LM35

Berdasarkan datasheet, sensor LM35 menunjukkan bahwa setiap kenaikan 10 mV mewakili kenaikan suhu 1°C. Hasil pengukuran tegangan LM35 dan pengukuran suhu dengan termometer terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengukuran tegangan LM35 dan pengukuran suhu dengan termometer

Suhu Termometer (°C)	Tegangan Keluaran LM35 (mV)	Konversi tegangan ke suhu dari LM35 (°C)
36	3.58	35.8
37	3.65	36.5
38	3.81	38.1
39	3.93	39.3
40	3.98	39.8
41	4.12	41.2

Pengkonversian tegangan keluaran ke suhu dari LM35 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Suhu LM35} = \text{Tegangan keluaran} \times 10$$

Faktor pengali 10 disebabkan karena setiap kenaikan 10 mV mewakili kenaikan suhu 1°C.

Dari tabel dapat diambil contoh pada saat suhu 36°C yang terukur dengan termometer, tegangan keluaran dari LM35 adalah sebesar 3.58 mV, maka dapat dihitung hasil konversi dari tegangan keluaran ke suhu sebagai berikut.

$$\text{Suhu} = 3.58 \times 10 = 35.8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Jadi, dari hasil penghitungan didapatkan suhu hasil konversi sebesar 35.8 °C.

Penulis melakukan percobaan dengan cara membandingkan suhu yang terukur dari termometer dengan suhu yang terukur dari LM35. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui kesesuaian suhu yang terukur dari sensor LM35 bila dibandingkan dengan alat pengukur suhu yang lain. Penulis mengambil contoh suhu pengukuran dari rentang 36°C sampai dengan 41°C karena suhu minimum yang dapat diukur menggunakan termometer adalah 34°C dan suhu maksimum yang dapat diukur adalah 42°C .

4. Pengujian Motor Servo

Pengujian motor servo dilakukan untuk mengetahui apakah motor servo dapat memutar sesuai dengan yang diinginkan dan layak untuk digunakan. Pengujian pada motor servo dilakukan dengan cara memberikan program pada mikrokontroler terlebih dahulu. Program tersebut merupakan program untuk memberikan perintah kepada *driver* motor servo agar memutar motor servo ke posisi 90° . Pada sistem yang dibuat, program ini digunakan untuk membuka keran pada waktu yang telah ditetapkan. Setelah dilakukan pengujian motor servo dapat berputar dengan baik.

Kemudian motor servo juga diuji dengan menggunakan program yang bertujuan untuk memberikan perintah kepada *driver* motor servo agar memutar motor servo ke posisi 0° . Pada sistem yang dibuat, program ini digunakan untuk menutup keran ketika proses penyiraman tanaman telah selesai dilakukan. Setelah dilakukan pengujian motor servo dapat berputar dengan baik. Oleh karena motor servo dapat memutar ke posisi 90° maupun 0° dengan baik, maka motor servo

dapat digunakan pada perancangan sistem penyiraman tanaman secara otomatis ini. Waktu yang digunakan untuk melakukan pemutaran adalah sekitar 0.5 detik.

5. Pengujian RTC DS1307

DS1307 adalah IC serial *Real Time Clock* (RTC) di mana alamat dan data ditransmisikan secara serial melalui sebuah jalur data dua arah I2C. Oleh karena menggunakan jalur data I2C, maka hanya memerlukan dua buah pin saja untuk komunikasi. Pin yang digunakan yaitu pin untuk data (SDA) dan pin untuk sinyal *clock* (SCL).

Untuk mengaktifkan DS1307 cukup dengan menggunakan program sebagai berikut.

```
void read_rtc(void){
unsigned char i, tmp_data,y;
i2c_start();
i2c_write(RTC_ADDR);
i2c_write(0);
i2c_stop();
i2c_start();
i2c_write(RTC_ADDR | 1);

void write_rtc(unsigned char alamat, unsigned char data){
i2c_start();
i2c_write(RTC_ADDR);
i2c_write(alamat);
```

```
if (alamat < 7)
    i2c_write(dec2bcd(data));
else
    i2c_write(data);
i2c_stop();
}

unsigned char read_nvram(unsigned char alamat){
    unsigned char tmp_data;
    i2c_start();
    i2c_write(RTC_ADDR);
    i2c_write(alamat);
    i2c_stop();
    i2c_start();
    i2c_write(RTC_ADDR | 1);
    tmp_data = i2c_read(0);
    i2c_stop();
    return tmp_data;
}
```

6. Pengujian *Liquid Crystal Display* (LCD)

Liquid Crystal Display (LCD) pada sistem penyiraman tanaman secara otomatis ini digunakan untuk menampilkan data atau informasi yang telah diprogram pada mikrokontroler, yaitu berupa *Real Time Clock*, nilai suhu, serta pengaturan *timer*.

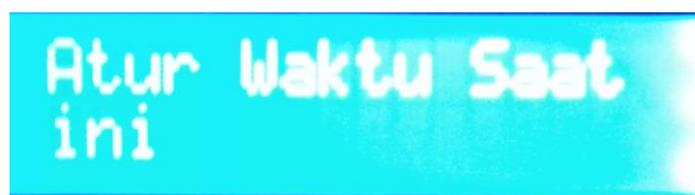
Tampilan pada menu adalah untuk memudahkan pengguna dalam memberikan pengaturan terkait dengan *Real Time Clock* (RTC) dan *timer*. Parameter pengujian LCD pada sistem penyiraman tanaman otomatis ini adalah berdasarkan fungsi LCD itu sendiri, yaitu untuk menampilkan :

- a. Bentuk tampilan awal yang diberikan pada LCD, yaitu *real time clock* dan suhu. Ketika *power supply* dinyalakan, maka pada LCD akan langsung menampilkan tampilan seperti yang terlihat pada Gambar 22.



Gambar 22. Tampilan Awal LCD

- b. Tampilan dari LCD untuk menu pilihan. Ada 5 *push button* yang berfungsi sebagai media melakukan pilihan. Pilihan awal berupa :
 - Atur Waktu Saat ini



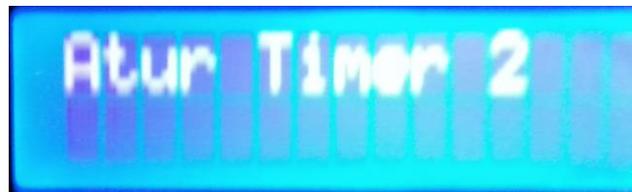
Gambar 23. Pilihan Atur Waktu Saat ini

- Atur *Timer 1*



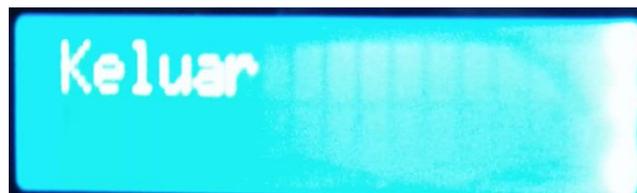
Gambar 24. Pilihan Atur *Timer 1*

- Atur *Timer 2*



Gambar 25. Pilihan Atur *Timer 2*

- Keluar



Gambar 26. Pilihan Keluar

B. Realisasi Perangkat Lunak

Realisasi perangkat lunak pada sistem penyiraman tanaman secara otomatis ini adalah dengan cara memprogram pengendali utama, yaitu mikrokontroler ATmega8535. Program pada pengendali utama berupa perintah yang diberikan kepada sensor suhu LM35, LCD serta *driver* motor servo sesuai dengan fungsinya masing-masing. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C.

Sistem yang telah dibuat ini telah diatur untuk dapat melakukan penyiraman tanaman secara otomatis sebanyak dua kali dalam satu hari. Hal ini dikarenakan sistem ini menggunakan dua fungsi *timer* yang dapat diatur sesuai dengan keinginan pengguna. Fungsi *timer* 1 digunakan untuk mengatur waktu penyiraman pertama, dan fungsi *timer* 2 digunakan untuk mengatur waktu penyiraman kedua.

Adapun cara penggunaan alat penyiraman tanaman secara otomatis ini adalah sebagai berikut :

1. Atur waktu saat ini

Menu ini digunakan untuk mengatur tanggal, bulan dan tahun sesuai dengan waktu saat ini. Selain itu, juga untuk mengatur jam, menit dan detik yang juga sesuai dengan waktu saat ini. Waktu telah diatur dalam format 24 jam. Pengaturan dapat dilakukan dengan cara memilih menu yang ditampilkan pada LCD. Penentuan pilihan dilakukan dengan menggunakan *push button*. Terdapat 5 *push button* pada rangkaian yang dapat digunakan untuk proses pengaturan dan pemilihan menu.

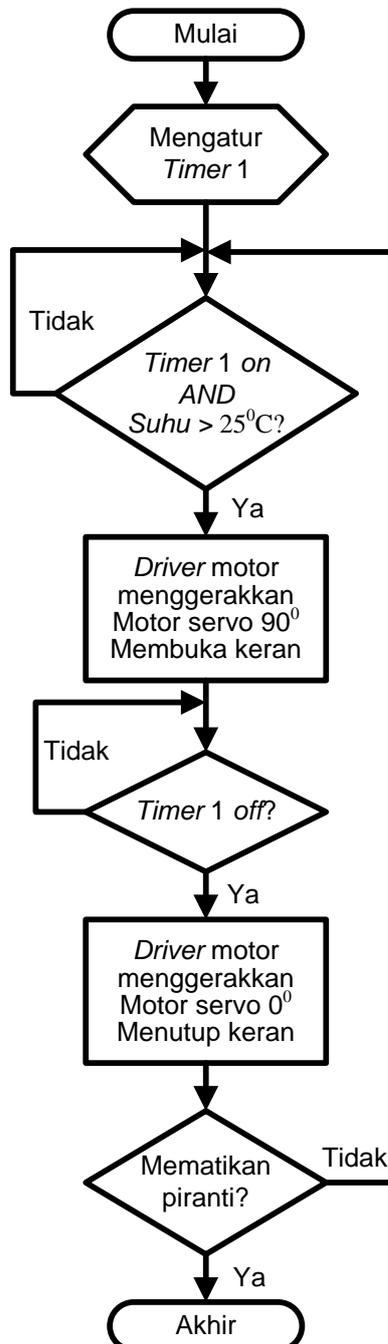
2. Tentukan nilai *timer 1*

Timer 1 digunakan untuk menentukan waktu penyiraman pertama yang akan dilakukan oleh sistem. Nilai *timer 1* dapat ditentukan sesuai dengan keinginan. Pada tugas akhir ini *timer 1 on* telah diatur pada pagi hari, yaitu jam 07, menit 00, serta detik 00. Kemudian kita juga dapat mengatur *timer 1 off* sebagai batas waktu penyiraman tanaman. Pada tugas akhir ini *timer 1 off* telah diatur pada jam 07, menit 01, serta detik 00. Hal ini berarti bahwa penyiraman tanaman yang dilakukan oleh sistem ini untuk waktu penyiraman pertama adalah selama satu menit. Pada waktu penyiraman pertama ini, sistem hanya akan bekerja apabila suhu di sekitar tempat tanaman yang akan disiram lebih dari 25⁰C.

3. Tentukan nilai *timer 2*

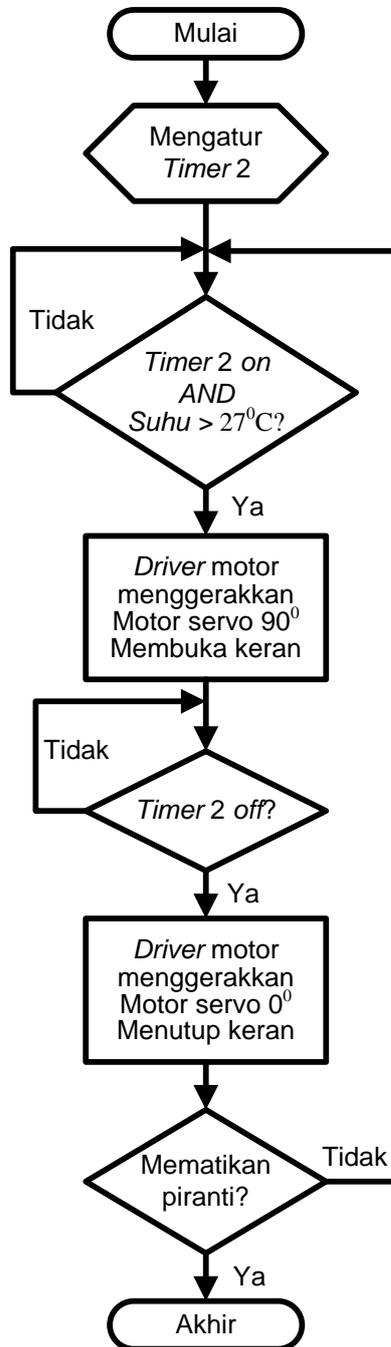
Timer 2 digunakan untuk menentukan waktu penyiraman kedua yang akan dilakukan oleh sistem. Pengaturan *timer 2* ini dapat dilakukan dengan cara pengaturan yang sama dengan *timer 1*. Kalau pada *timer 1*, waktu penyiraman diatur pada pagi hari, maka pada *timer 2* ini waktu penyiraman dapat diatur untuk sore hari. Pada tugas akhir ini *timer 2 on* telah diatur pada jam 17, menit 00, serta detik 00. Sedangkan *timer 2 off* telah diatur pada jam 17, menit 01, serta detik 00. Hal ini berarti bahwa penyiraman tanaman yang dilakukan oleh sistem ini untuk waktu penyiraman kedua adalah selama satu menit. Pada waktu penyiraman pertama ini, sistem hanya akan bekerja apabila suhu di sekitar tempat tanaman yang akan disiram lebih dari 27⁰C.

Setelah melakukan langkah-langkah di atas, maka sistem dapat bekerja sesuai dengan keinginan pengguna. Cara kerja dari sistem ini dapat dilihat pada *flowchart* Gambar 27 untuk waktu penyiraman pertama, yaitu di pagi hari.



Gambar 27. Diagram Alir Cara Kerja Sistem untuk Waktu Penyiraman Pertama

Sedangkan cara kerja dari sistem untuk waktu penyiraman kedua, yaitu di sore hari, dapat dilihat pada *flowchart* Gambar 28.



Gambar 28. Diagram Alir Cara Kerja Sistem untuk Waktu Penyiraman Kedua

Tabel 4. Sampel data pengujian sistem penyiraman tanaman secara otomatis menggunakan sensor suhu LM35 untuk waktu penyiraman pertama

Hari ke	<i>Timer 1 on</i> (jam:menit:detik)	<i>Timer 1 off</i> (jam:menit:detik)	Suhu LM35(⁰ C)	Sistem dapat bekerja?
1	07:00:00	07:01:00	24.6	Tidak
2	07:00:00	07:01:00	25.1	Ya
3	07:00:00	07:01:00	24.9	Tidak
4	07:00:00	07:01:00	25.3	Ya
5	07:00:00	07:01:00	25.8	Ya
6	07:00:00	07:01:00	26.1	Ya
7	07:00:00	07:01:00	24.7	Tidak
8	07:00:00	07:01:00	24.3	Tidak
9	07:00:00	07:01:00	25.4	Ya
10	07:00:00	07:01:00	25.6	Ya

Dari Tabel 4 dapat dilihat hasil pengujian terhadap sistem penyiraman tanaman secara otomatis untuk waktu penyiraman pertama yang dilakukan dalam beberapa kali pengambilan data. *Timer 1* telah diatur untuk *on* pada pukul 07:00:00 serta *off* pada pukul 07:01:00. Ini berarti sistem bekerja selama 1 menit.

Pada saat pengambilan data, suhu udara pagi hari yang terdeteksi oleh sensor LM35 berkisar antara 24.3⁰C sampai dengan 26.1⁰C. Pada saat suhu udara kurang dari 25⁰C, seperti pada data ke-1, 3, 7 dan 8, sistem tidak bekerja. Hal ini dikarenakan suhu minimum yang telah diatur pada program adalah 25⁰C. Sebaliknya, ketika suhu udara yang terdeteksi oleh LM35 lebih dari 25⁰C, maka sistem akan dapat bekerja menyiram tanaman secara otomatis. Hal ini dapat dilihat pada data ke-2, 4, 5, 6, 9 dan 10.

Tabel 5. Sampel data pengujian sistem penyiraman tanaman secara otomatis menggunakan sensor suhu LM35 pada waktu penyiraman kedua

Hari ke	<i>Timer 2 on</i> (jam:menit:detik)	<i>Timer 2 off</i> (jam:menit:detik)	Suhu LM35(⁰ C)	Sistem dapat bekerja?
1	17:00:00	17:01:00	26.1	Tidak
2	17:00:00	17:01:00	25.9	Tidak
3	17:00:00	17:01:00	25.7	Tidak
4	17:00:00	17:01:00	26.2	Tidak
5	17:00:00	17:01:00	26.4	Tidak
6	17:00:00	17:01:00	28.5	Ya
7	17:00:00	17:01:00	32.3	Ya
8	17:00:00	17:01:00	29.2	Ya
9	17:00:00	17:01:00	30.5	Ya
10	17:00:00	17:01:00	33.9	Ya

Dari Tabel 5 dapat dilihat hasil pengujian terhadap sistem penyiraman tanaman secara otomatis untuk waktu penyiraman kedua yang juga dilakukan dalam beberapa kali pengambilan data. *Timer 2* telah diatur untuk *on* pada pukul 17:00:00 serta *off* pada pukul 17:01:00. Sama seperti penyiraman pertama, ini berarti sistem bekerja selama 1 menit.

Oleh karena pengambilan data dilakukan pada musim penghujan, maka suhu udara sore hari yang terdeteksi oleh sensor LM35 berkisar antara 25.7⁰C sampai dengan 26.4⁰C seperti yang dapat dilihat pada data ke-1, 2, 3, 4 dan 5. Sedangkan suhu minimum yang telah diatur pada program adalah 27⁰C. Hal ini dimaksudkan agar sistem dapat selalu digunakan walaupun bukan pada musim penghujan seperti pada waktu dilakukan pengujian.

Untuk mengetahui apakah sistem dapat bekerja pada sore hari, maka penulis melakukan pengujian dengan cara mendekatkan sensor suhu LM35 dengan sumber panas. Adapun sumber panas yang digunakan adalah solder dan korek api.

Pengujian pertama menggunakan solder yang telah dipanaskan kemudian didekatkan pada sensor suhu LM35 hingga sensor mendeteksi suhu sebesar 28.5°C dan 32.3°C, seperti pada data ke-6 dan 7. Karena nilai suhu tersebut lebih besar dari nilai minimum yang telah diatur pada program, maka sistem dapat bekerja. Untuk data ke-8, 9 dan 10 pengujian dilakukan dengan cara mendekatkan sensor suhu LM35 pada api yang berasal dari korek api, sehingga sensor mendeteksi suhu sebesar 29.2°C, 30.5°C, serta 33.9°C. Sama halnya seperti data ke-6 dan 7, maka sistem dapat bekerja karena suhu yang terdeteksi oleh LM35 melebihi batas suhu minimum yang telah diatur pada program dalam mikrokontroler ATmega8535 yang digunakan sebagai pengendali utama.

Proses mendekatkan dengan sumber panas yang telah dilakukan pada sensor LM35 tidak akan merusak kinerja sensor, karena LM35 dapat mendeteksi suhu dengan *range* antara -55°C sampai dengan +150°C sesuai dengan yang tertera pada *datasheet* LM35.