



**DESAIN ALAT KONTROL PENYIRAMAN BIBIT TEMBAKAU  
BERBASIS MIKROKONTROLER**

**SKRIPSI**

Oleh

**Bagus Suzatmiko  
NIM 121710201084**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng.

Dosen Pembimbing Anggota : Askin, S.TP., M.MT.

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**



**DISAIN ALAT KONTROL PENYIRAMAN BIBIT TEMBAKAU  
BERBASIS MIKROKONTROLER**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Teknik Pertanian (S-1) dan mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian

Oleh

**Bagus Suzatmiko  
NIM 121710201084**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

**PERSEMBAHAN**

“Saya persembahkan skripsi ini untuk Ibu Khomilatin, Bapak Dody Sunarso, adikku Yayak Dwi Handoyo dan Ira Wulandari yang selalu memberikanku semangat, pengorbanan, dan kasih sayang”



**MOTTO**

“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat (QS Al-Mujadalah Ayat 11)”

“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal (QS Ali-Imron Ayat 190)”



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Bagus Suzatmiko

NIM : 121710201084

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Desain Alat Kontrol Penyiraman Bibit Tembakau Berbasis Mikrokontroler” adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 15 Januari 2018

Yang menyatakan,

Bagus Suzatmiko  
NIM. 121710201084

**SKRIPSI**

**DISAIN ALAT KONTROL PENYIRAMAN BIBIT TEMBAKAU  
BERBASIS MIKROKONTROLER**

Oleh

**Bagus Suzatmiko**  
**NIM 121710201084**

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng.

Dosen Pembimbing Anggota : Askin, S.TP., M.MT.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Desain Alat Kontrol Penyiraman Bibit Tembakau Berbasis Mikrokontroler ” karya Bagus Suzatmiko NIM 121710201084 telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Selasa 27 Maret 2018

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng.

NIP. 196312121990031002

Askin, S.TP., M.MT.

NIP. 19700830200031001

Tim Penguji

Ketua

Anggota

Dr. Idah Andriyani, S. TP., M.T.

197603212002122001

Ike Fibriani, ST., M.T.

198002072015042001

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian  
Universitas Jember

Dr. Siswoyo S., S.T.P., M.Eng.

NIP 196809231994031009

## RINGKASAN

**Desain Alat Kontrol Penyiraman Bibit Tembakau Berbasis Mikrokontroler;** Bagus Suzatmiko, 121710201084; 2018; 47 halaman; Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Tembakau merupakan salah satu komoditas unggulan Indonesia dan mempunyai peran penting terhadap devisa negara. Salah satu penentu mutu tanaman adalah penyediaan bibit unggul. Tujuan penelitian ini adalah membuat alat kontrol penyiraman bibit tembakau berbasis mikrokontroler. Alat kontrol penyiraman bibit tembakau menggunakan mikrokontroler ATmega8 dan sensor *soil moisture*. Tahapan perancangan alat meliputi simulasi program menggunakan software proteus, pembuatan rangkaian pada PCB (*Printed Circuit Board*) dan pemrograman menggunakan software BacomAVR. Listing program yang dibuat yaitu unit LCD, unit sensor, unit *relay*, dan komunikasi serial. Sensor *soil moisture* perlu kalibrasi untuk pembacaan nilai kadar air dan menampilkan pada LCD. Mikrokontroler dihubungkan pada USB TO TTL dan terhubung pada unit komputer. Perekaman data menggunakan *software teraterm* untuk menampilkan nilai kadar air dan kondisi pompa. Pengujian sistem penyiraman menggunakan *prototipe* pembibitan tembakau dengan ukuran 100 x 75 x 45 cm. Beberapa pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kestabilan sensor dan pengujian kinerja sistem penyiraman. Pengujian kestabilan sensor digunakan untuk mengetahui penurunan kadar air tanah jenuh sampai kering. Hasil pengujian didapatkan nilai kadar air jenuh 50% dan kadar air minimal yang terbaca sensor 25,7%. Pada pengujian kinerja sistem penyiraman diawali dengan menyiapkan *prototipe* tempat pembibitan tembakau, media yang sudah terisi disiram sampai kondisi jenuh. Set point yang digunakan antara 46% sampai 51%. Pengujian performa sistem kontrol dilakukan selama 5x24 jam dan direkam menggunakan *software teraterm*, hasil perekaman disimpan dalam file *txt*. Pada awal pengujian didapatkan nilai kadar air 51,2 %. Hari pertama pengujian terjadi penyiraman tiga kali dengan jeda waktu yang relatif singkat. Pada pengujian hari kedua tidak terdapat penyiraman, kadar air tanah rata-rata 49%. Pada pengujian hari ketiga terjadi dua kali penyiraman. Pengujian hari keempat penyiraman terjadi empat kali. Pengujian hari kelima terjadi tiga kali penyiraman. Pengujian sistem kontrol yang telah dilakukan selama 5x24 jam dapat disimpulkan bahwa sistem kontrol sudah dapat melakukan penyiraman secara otomatis berdasarkan *set point* yang diinginkan. Setelah pengujian alat kontrol penyiraman bibit tembakau, diperoleh hasil yaitu jika sensor membaca kadar air kurang dari angka batas bawah maka pompa akan hidup dan jika sensor membaca kadar air lebih dari batas atas maka pompa akan mati hal tersebut menunjukkan bahwa alat kontrol yang telah dirancang dapat beroperasi sesuai yang diinginkan.



## SUMMARY

**Microcontroller Design of Sprayer Control Device for Tobacco Breeding;** Bagus Suzatmiko, 121710201084; 2018; 47 page; Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Technology, University of Jember.

Tobacco is one of the most Indonesian superior commodity which has an important role toward country's foreign exchange. Superior seeds is one of the key for providing high quality of tobacco. This study aimed to obtain the design of an automatic control for watering tobacco seeds. Controlled device of tobacco breeding watering system is using ATmega8 microcontroller and soil moisture sensor. Stages of designing tools include simulation application using proteus software, designing circuit on PCB (Printed Circuit Board) and programming software using BacomAVR. List of the utilities were is LCD, sensor, relay and serial communication unit. The soil moisture sensor was calibrated to estimating water content values and display in the LCD. Microcontroller were connected to USB TO TTL and connected to computer unit. Teraterm software used as data logger application to show the value of water content and pump conditions. Watering system was tested using prototype of tobacco breeding with size 100 x 75 x 45 cm. Several tests were performed, include stability testing of sensor and watering system performance test. The stability of the sensor during was used to determine the decrease in soil moisture content saturated until dry. The results obtained the value of 50% saturated water content and moisture content of 25.7% readable sensors. the test of watering system performance begins by preparing a prototype of tobacco breeding, the medium filled with seeds, watered until the condition is saturated. Set point used between 46% to 51%. The value of 46% to 51% used as set point threshold. The performance control system test is performed for 5x24 hours and recorded using Teraterm software, the recording results are stored in the txt file. At the beginning of the test, water content was obtained 51.2%. The first day of the test occurs three times watering with a relatively short time lag. the second day of the test there was no watering, soil moisture averaged at 49%. On the third day of testing there was twice watering. The fourth day of test four times watering. The fifth day of the test occurred three times watering. After testing the instrument, obtained the result that is: if the sensor reads the water content is less than lower limit set point then the pump will be turned on and if the sensor reads the water content over the upper limit set point then the pump will be turned off. it indicates that the controller that has been designed can be operate as expected.

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Disain Alat Kontrol Penyiraman Bibit Tembakau Bebas Mikrokontroler". Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama proses awal penyusunan skripsi hingga menyelesaikan penulisan skripsi;
2. Askin, S.TP., M.MT. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memebrikan masukan kepada penulis dalam penulisan skripsi ini;
3. Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.Tp., M.Si. selaku Komisi Bimbingan Jurusan Teknik Pertanian yang telah memberikan bimbingan dalam penulisan skripsi;
4. Ir. Hamid Ahmad selaku Dosen Pembimbing Akademik yang senantiasa memberikan motivasi dan masukan kepada penulis selama menjadi mahasiswa hingga penyelesaian skripsi;
5. Kedua orang tua Bapak Dody Sunarso dan Ibu Khomilatin dan seluruh keluarga besar yang telah memberi motivasi, semangat dan do'a restu kepada penulis selama masa studi;
6. Adikku Yayak Dwi Handoyo, Ira Wulandari dan Denis Nabela yang selalu memberikan semangat dalam penyelesaian skripsi ini;
7. Teman-teman TEP C 2012 (yono, meg, tumin, tante, yasin, vindi, ayu, ayun, dini, sofa, andre, rianto, kris, cani, fifah, teguh, septika, shandi, yuski, anggi, fiqih, hendra yang menjadi teman seperjuangan selama mulai awal sampai selesai masa studi di TEP;
8. Keluarga besar GMH (Generasi Muda Hidroponik) yang telah memberikan pengalaman yang sangat bermanfaat;

9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Demikianlah, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua orang.

Jember, 15 Januari 2018

Penulis



**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>SUMMARY</b> .....	viii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	2
<b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....	2
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1 Tembakau</b> .....	4
2.1.1 Bibit Tembakau .....	4
2.1.2 Pemeliharaan Bibit .....	5
<b>2.2 Hubungan Tanah, Air dan Tanaman</b> .....	5
2.2.1 Kadar Air Tanah .....	5
2.2.2 Kebutuhan Air Tanaman .....	6

<b>2.3 Sistem Kontrol</b> .....	7
<b>2.4 Komponen Elektronika</b> .....	8
<b>2.5 Mikrokontroler</b> .....	9
<b>2.6 ATmega8</b> .....	9
<b>2.7 Pemrograman Bascom AVR</b> .....	10
<b>2.8 Sensor</b> .....	10
2.8.1 Pengertian Sensor .....	10
2.8.2 Sensor Soil Moisture .....	10
<b>2.9 Desain Rancangan Industri</b> .....	11
<b>2.10 Penelitian Terdahulu</b> .....	12
2.10.1 Prototipe Alat Penyemprot Air Otomatis Pada Kebun Pembibitan Sawit Berbasis Sensor Kelembaban dan Mikrokontroler ATmega8 .....	12
2.8.1 Prototype Peniram Tanan Otomatis dengan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Atmega 328 .....	13
<b>BAB 3. METODOLOGI</b> .....	14
<b>3.1 Waktu dan Tempat</b> .....	14
<b>3.2 Alat dan Bahan Penelitian</b> .....	14
<b>3.3 Rancangan Percobaan</b> .....	14
3.3.1 Metode Pengumpulan Data .....	14
3.3.2 Metode Perancangan Sistem .....	15
<b>3.4 Diagram Kerja Penelitian</b> .....	15
<b>3.5 Pengumpulan Data</b> .....	16
<b>3.6 Simulasi Rangkaian</b> .....	16
<b>3.7 Perancangan Alat</b> .....	16
3.7.1 Rancangan Operasional .....	16
3.7.2 Rancangan Fungsional .....	17
3.7.3 Rancangan Struktural .....	18
<b>3.8 Pembuatan Program</b> .....	19

<b>3.9 Desain industri</b> .....	19
<b>3.10 Desain industri</b> .....	19
3.10.1 Pengambilan Sampel Tanah .....	21
3.10.2 Pengukuran Kadar Air Tanah .....	21
3.10.3 Kalibrasi Sensor <i>Soil Moisture</i> .....	22
3.10.4 Penentuan <i>Set Point</i> Penyiraman .....	22
<b>3.11 Pengujian Alat</b> .....	23
<b>3.12 Analisisn Data</b> .....	23
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	24
<b>4.1 Simulasi Menggunakan <i>Software</i> Proteus</b> .....	24
<b>4.2 Perancangan <i>Software</i></b> .....	24
<b>4.3 Perancangan <i>Hardware</i></b> .....	28
4.3.1 Unit LCD .....	29
4.3.2 Unit Sensor .....	30
4.3.3 Unit Mikrokontroler .....	31
4.3.4 Unit Set Point .....	31
4.3.5 Modul <i>Relay</i> .....	32
4.3.6 Unit Komunikasi Serial .....	33
4.2.7 Perancangan Prototipe Ruang Pembibitan Tembakau .....	34
<b>4.4 Kalibrasi Sensor</b> .....	34
<b>4.5 Pengujian Sistem</b> .....	35
4.5.1 Pengujian Komponen .....	36
4.5.2 Pengujian Konsistensi Pengukuran Kadar Air .....	38
4.4.3 Pengujian Sistem Kontrol Penyiraman .....	39
<b>4.5 Desain Industri</b> .....	39
<b>BAB 5 PENUTUP</b> .....	45
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	45
<b>5.2 Saran</b> .....	45

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>46</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>48</b>



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
3.1 Perancangan Sistem .....	19
3.2 <i>Form</i> pencatatan kadar air dan tegangan .....	23
4.1 <i>Listing</i> program deklarasi variabel.....	25
4.2 <i>Listing</i> program tampilan LCD .....	26
4.3 Konfigurasi pin LCD.....	29
4.4 Perbandingan ADC dan Kadar Air Tanah .....	36
4.5 Skenario Pengujian LCD.....	37
4.5 Skenario Pengujian <i>Relay</i> .....	37
4.5 Skenario Pengujian Sensor.....	37
4.5 Skenario Pengujian Konsistensi Pengukuran Kadar Air.....	38
4.5 Skenario Pengujian Sistem Kontrol Penyiraman .....	38



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Sistem perakaran bibit tembakau .....	4
2.2 Sistem kontrol loop terbuka .....	6
2.3 Sistem kontrol loop tertutup.....	7
2.4 Mikrokontoler ATmega8 .....	9
2.5 Sensor <i>soil moisture</i> .....	11
3.1 Tahapan Penelitian .....	15
3.3 Diagram alir sistem kontrol kadar air.....	17
3.3 Diagram hubungan unit fungsional .....	17
3.4 Desain struktural .....	19
3.5 Desain rancangan alat .....	20
3.6 Desain industri .....	20
3.7 Tahapan kalibrasi dan penentuan <i>set point</i> .....	20
4.1 Simulasi rangkaian.....	24
4.2 Rancangan <i>hardware</i> alat kontrol penyiraman .....	29
4.3 Unit LCD.....	30
4.4 Unit sensor .....	31
4.5 Unit mikrokontroler .....	31
4.6 Unit <i>set point</i> .....	32
4.7 Modul <i>relay</i> .....	33
4.8 Unit komunikasi serial .....	33
4.9 Prototipe sistem peyiraman.....	34
4.10 Grafik persamaan regresi sensor .....	31
4.11 Tampilan LCD .....	36
4.12 Uji kestabilan sensor .....	39
4.13 Grafik pengujian sistem kontrol penyiraman.....	43
4.14 Desain kotak alat.....	44

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
A. Kalibrasi sensor .....	48
B. Perancangan alat.....	50
B.1 Perancangan alat kontrol otomatis .....	50
B.2 Perancangan prototipe ruang penyiraman bibit tembakau .....	50
C. <i>Listing</i> program .....	51
D. Uji kestabilan sensor .....	53
E. Penentuan set point.....	55
F. Uji performa.....	56

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tembakau merupakan salah satu komoditas unggulan Indonesia dan mempunyai peran penting terhadap devisa negara. Luas komoditas tembakau tahun 2015 mencapai 197.507 hektar dan produksi mencapai 167.425 ton daun kering tembakau (Direktorat Jendral Perkebunan, 2015:7).

Pencapaian mutu dan produktivitas tembakau berpedoman pada panca usaha tani yang meliputi penyediaan bibit unggul, pengolahan tanah yang baik, sistem irigasi, pemupukan, pengendalian hama dan penyakit. Ketersediaan bibit unggul dipengaruhi oleh kualitas benih, pembibitan dan pengangkutan bibit. Upaya peningkatan bibit unggul dapat dilakukan dengan cara meningkatkan kualitas benih. Pembibitan mempunyai peran penting dalam menentukan mutu bibit yang dihasilkan sehingga didapatkan bibit yang sehat. Kualitas bibit berpengaruh terhadap tingkat produktivitas tembakau yang dihasilkan.

Beberapa proses pembibitan meliputi pengolahan persemaian, yaitu mencakup tempat persemaian yang memenuhi syarat, konstruksi persemaian, bahan naungan yang dipakai, penyiraman, pemupukan yang tepat dan pencegahan terhadap hama dan penyakit. Pengairan atau penyiraman pada bibit berpengaruh terhadap pertumbuhan akar tembakau.

Bibit tembakau perlu dilakukan perawatan dengan baik dengan cara penyiraman yang teratur pada pagi dan sore hari. Penyiraman manual yang dilakukan petani masih memiliki kekurangan yaitu tidak akurat dalam mengetahui kondisi kadar air pada media pembibitan. Kebanyakan petani menyiram bibit menggunakan selang yang dipasang alat pengatur keluaran air pada ujungnya.

Berdasarkan hal tersebut perlu dikembangkan sistem kontrol otomatis pemberian air berbasis mikrokontroler disesuaikan dengan kondisi kadar air tanah di media pembibitan tembakau, untuk memudahkan petani dalam penyiraman, hal tersebut dilakukan dengan cara penyiraman otomatis saat sensor *soil moisture* mendeteksi kelembaban tanah lebih dari batas yang diinginkan pompa hidup dan

melakukan penyiraman, jika kelembaban sudah kembali normal maka pompa akan mati.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, makadapat dirumuskan sebagai berikut:

- 1) Bagaimana merancang dan membuat sistem penyiraman yang dapat mengetahui kadar air tanah pada proses pembibitan tembakau?
- 2) Bagaimana cara mengendalikan dan memonitor kondisi kadar air tanah dalam proses pembibitan tembakau?

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

- 1) Penelitian ini merancang sistem kontrol penyiram tanaman otomatis berdasarkan kadar air tanah di media tanam dengan batasan *range* yang disesuaikan menggunakan sensor *soil moisture*.
- 2) Kalibrasi alat hanya berlaku pada media tanam/*polybag* di lokasi penelitian.
- 3) Penelitian hanya merancang alat kontrol kelembaban.
- 4) Mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler ATmega8.
- 5) Sensor yang digunakan adalah sensor *soil moisture* tipe FC-28 untuk mengukur kadar air tanah.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari tugas akhir ini adalah:

- 1) Merancang alat kontrol penyiraman bibit tembakau berdasarkan kadar air tanah yang ditentukan
- 2) Mengendalikan dan memonitor kondisi kadar air tanah dalam proses pembibitan tembakau.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1) Dapat memudahkan petani melakukan penyiraman bibit tembakau secara otomatis
- 2) Memberi manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya teknologi penyiraman bibit



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tembakau

Tembakau berasal dari kata Indian *tobaco*, merupakan pipa yang digunakan orang Indian untuk merokok. Tanaman tembakau mulai ditanam di Indonesia abad XVI masehi yang dibawa oleh bangsa Portugis. Suhu yang sesuai untuk tanaman tembakau adalah 27-33°C (Matnawi, 1997:15). Menurut Matnawi (1997:11), klasifikasi tanaman tembakau sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Kelas	: Dicotyledoneae
Ordo	: Personatae
Familia	: Solanaceae
Sub Familia	: Nicotianae
Genus	: <i>Nicotiana</i>
Spesies	: <i>Nicotiana tabaccum</i>

#### 2.1.1 Bibit Tembakau

Menurut Hartana (1978), keseragaman pertumbuhan dan mutu hasil krosok tembakau didapatkan dari benih murni varietas unggul. Beberapa hal yang perlu dilakukan pada pembibitan meliputi penyediaan bibit unggul, persiapan bedengan, pengerjaan tanah dan pembuatan bedengan, pemupukan, penyebaran benih, pemeliharaan, serta pemindahan bibit.

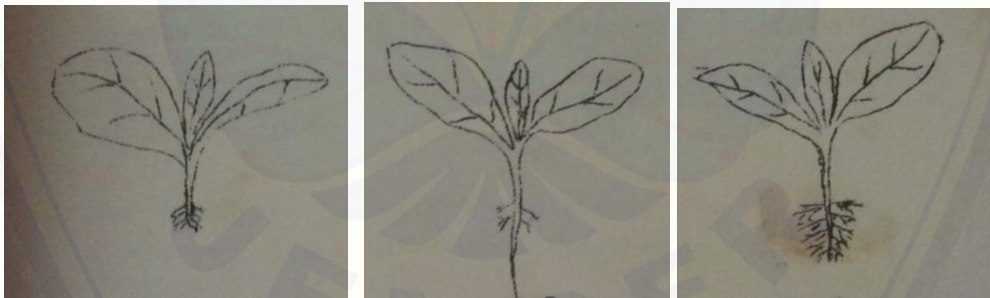
Penggunaan benih bermutu merupakan salah satu panca usaha tani untuk meningkatkan produksi pertanian. Menurut Matnawi (1997:23) persemaian bibit tembakau memiliki persyaratan sebagai berikut:

- a. Lahan yang digunakan hanya untuk persemaian bibit, tidak mudah tergenang, drainase yang baik, dan mudah memperoleh air
- b. Bedengan dibuat dengan tinggi 20-30 cm membujur utara ke selatan, dengan lebar 1 m dan panjang 5 m

- c. Persemaian benih dilakukan pada *polybag*. Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam persemaian meliputi pupuk kandang, tanah halus, pasir, dan plastik berukuran 100 cm dan diameter 5 cm
- d. Bedengan diberi atap yang dapat dibuka tutup untuk menyesuaikan suhu
- e. Penyiraman dilakukan teratur pagi dan sore hari
- f. Bibit yang berumur 2 sampai 3 minggu dilakukan pembukaan atap pada pagi hari, dan apabila lebar daun mencapai 5 cm maka atap dibuka sepanjang hari
- g. Bibit siap tanam setelah berumur 35 sampai 50 hari.

### 2.1.2 Pemeliharaan Bibit

Menurut Hartana (1978:31), pemeliharaan bibit tembakau meliputi penyiraman, pembukaan atap, penjajaran, pemberantasan hama dan penyakit. Menurut Hartana (1978:32), penyiraman bibit perlu dilakukan secara intensif dan merata. Penyiraman berpengaruh terhadap pembentukan akar tanaman, apabila penyiraman terlalu banyak maka perakaran tidak berkembang sedangkan penyiraman yang sedikit mengakibatkan perakaran menjadi tunggang sehingga penyiraman harus cukup maka perakaran terbentuk dengan baik.



(a) penyiraman terlalu banyak (b) penyiraman sedikit (c) penyiraman cukup

Gambar 2.1 Sistem perakaran bibit tembakau (Hartana,1978:32)

## 2.2 Hubungan Tanah, Air dan Tanaman

Menurut Utomo dan Islami (1995:77), konsep air tersedia bagi tanaman merupakan hubungan antara tanah, air dan tanaman. Air tersedia merupakan kandungan air dalam tanah yang dibutuhkan tanaman, kapasitas menyimpan air disebut juga air yang ditahan dalam media antara kapasitas lapang dan titik layu

permanen. Kapasitas lapang adalah kemampuan media tanam untuk menyerap air. Jumlah air yang tersimpan sampai kondisi jenuh dan dibiarkan dalam satu sampai dua hari atau dalam waktu tertentu. Titik layu permanen adalah berkurangnya kadar air pada media tanam yang menyebabkan kelayuan pada tanaman. Air kondisi jenuh merupakan air bebas atau air gravitasi atau air berlebih yang mudah melarutkan unsur-unsur hara yang dilaluinya. Pemberian air yang cukup dapat menstabilkan kelembaban tanah sebagai pelarut pupuk.

### 2.2.1 Kadar Air Tanah

Menurut Kartasapoetra dan Sutedjo (1991:96-97), Kadar air tanah merupakan banyaknya air yang mengisi pori-pori tanah

Menurut Gardner *et al.* (1991:98), fungsi air bagi tanaman antara lain:

- Pelarut dan medium untuk reaksi kimia
- Media pemindah zat terlarut organik dan anorganik
- Media pemberi turgor sel pada tanaman
- vMembantu dan memelihara struktur dan memudahkan fungsi katalisis
- Evaporasi air untuk mendinginkan permukaan tanaman.

Metode pengukuran kadar air salah satunya dapat dilakukan dengan metode gravimetris. Jumlah air yang hilang dalam proses pengeringan merupakan kandungan air dalam tanah (Foth, 1998:133).

Menurut Foth (1998:133), metode perhitungan kadar air tanah diketahui dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Kadar air tanah} = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

$W_w$  = Kehilangan berat dalam pengeringan

$W_s$  = Berat tanah kering

Menurut Taib *et al.*, perhitungan kadar air basis basah diketahui dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Kadar air basis basah} = \frac{W_a}{W_b} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$



Keterangan:

$W_a$  = Bobot air

$W_b$  = Bobot bahan basah

### 2.2.2 Kebutuhan Air Tanaman

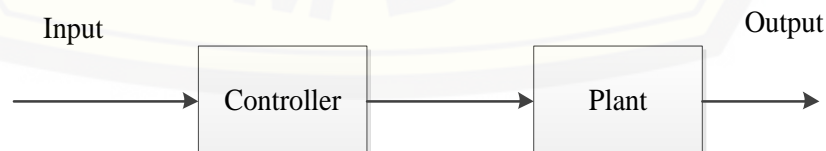
Menurut Utomo dan Islami (1995:241), Air yang digunakan untuk budidaya tanaman sebagian diabsorpsi dan dikeluarkan ke atmosfer melalui proses transpirasi. Kehilangan air di tanah juga terjadi pada evaporasi, yaitu menguapnya air dari permukaan tanah ke udara. Transpirasi dan evaporasi terjadi secara bersamaan atau disebut evapotranspirasi. Evapotranspirasi dipengaruhi oleh iklim, kelembaban, kecepatan angin radiasi, dan kandungan air tanah. Kebutuhan air tanaman (*crop water requirement*) merupakan penjumlahan evapotranspirasi selama satu periode pertumbuhan tanaman dalam kondisi air tanah dapat memenuhi permintaan evapotranspirasi.

### 2.3 Sistem Kontrol

Menurut Sutarman (2012:13), sistem merupakan kumpulan elemen yang saling berhubungan dan berjalan pada proses dan tujuan. Menurut Sutabri (2012:10), sistem merupakan suatu kumpulan yang meliputi unsur, komponen, variabel yang terorganisir dan saling berhubungan. Konsep dasar suatu sistem yaitu mempunyai input, proses, dan output.

#### a. Sistem kontrol loop terbuka

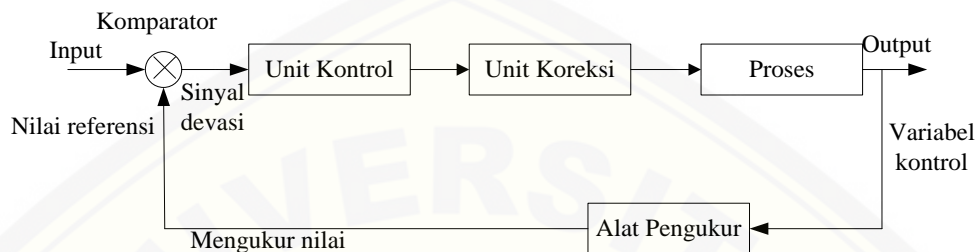
Sistem kontrol loop terbuka adalah suatu sistem yang keluarannya tidak berpengaruh atau tidak terdapat umpan balik terhadap pengontrolan. Gambar 2.2 adalah sistem kontrol loop terbuka.



Gambar 2.2 Sistem kontrol loop terbuka (Sutarman, 2012)

### b. Sistem kontrol loop tertutup

Sistem kontrol loop tertutup yaitu sistem yang nilai keluarannya berpengaruh terhadap pengontrolan. Keluaran dari sistem kontrol di kembalikan ke pengendali untuk memproses kembali proses. Gambar 2.3 adalah sistem kontrol loop tertutup.



Gambar 2.3 Sistem Kontrol loop tertutup (Sutarman, 2012)

## 2.4 Komponen Elektronika

Menurut Budiharto (2014:4), komponen elektronika yang digunakan pada rangkaian antara lain:

### a. Resistor

Resistor merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai pemberi hambatan terhadap arus listrik. Resistor membatasi dan membagi arus yang mengalir pada komponen sehingga arus yang mengalir tidak terlalu besar.

### b. Kapasitor

Kapasitor berfungsi menyimpan muatan listrik. Kapasitor terbagi menjadi dua yaitu kapasitor polarisasi dan kapasitor non polarisasi.

### c. Dioda

Dioda adalah perangkat semi konduktor yang terbuat dari germanium atau silikon dan biasanya disebut *dioda junction*, dioda berfungsi mengalirkan arus satu arah. Dioda mempunyai struktur semi konduktor P (anoda) dan semi konduktor N (katoda).

### d. LED (*Light Emitting Diode*)

LED merupakan komponen yang dapat memberikan emisi cahaya.

### e. Relay

*Relay* adalah hambatan yang terdiri dari titik-titik kontak bawah dengan gulungan spool yang tidak bergerak dan titik-titik atas tetap bergerak. sehingga berpindah posisi ke kutub lain atau terlepas dari kutub asalnya. Relay merupakan sebuah saklar yang digunakan untuk menghubungkan atau memutus aliran listrik yang dikontrol dengan memberikan tegangan dan arus tertentu pada koilnya.

## 2.5 Mikrokontroler

Menurut Budiharto (2011:1), mikrokontroler merupakan komputer dalam sebuah chip yang meliputi mikroprosesor, memory, *input*, *output*, dan kelengkapan lainnya. Komponen-komponen mikrokontroler antara lain CPU (*Central Processing Unit*), ROM (Read Only Memory), RAM (*Random Area Memory*), dan *input/output*. Mikrokontroler biasanya digunakan mengendalikan suatu proses secara otomatis seperti sistem kontrol mesin, remote kontrol, kontrol alat berat, kontrol robot, kontrol *smart home*. Mikrokontroler adalah alat elektronika digital yang mempunyai input, output dan program yang dapat mengendalikan mikrokontroler tersebut. Menurut Adi (2010:8), Mikrokontroler mempunyai beberapa komponen, meliputi:

a. CPU

Berupa mikroprosesor sebagai pengendali dari mikrokontroler

b. Memori program

Memori program menyimpan intruksi hasil pemrograman dan dihubungkan ke alat pemrograman

c. Memori data

Memori data menyimpan variabel yang terdapat pada CPU

d. Alat pemrograman

Alat tersebut digunakan sebagai penghubung ke mikrokontroler untuk mengirim bahasa pemrograman

e. Input/output

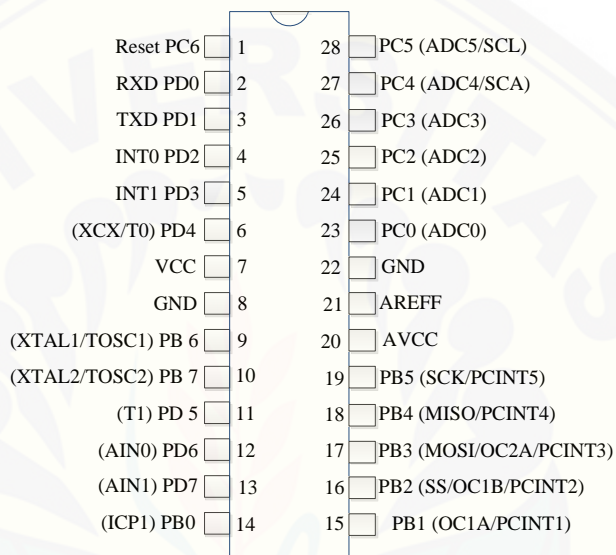
Merupakan penghubung rangkaian mikrokontroler

f. Modul tambahan

Modul tambahan yang terdapat pada mikrokontroler seperti timer, ADC, Comparator, PWM, SPI, I2C, dan lain-lain.

## 2.6 ATmega8

Salah satu jenis mikrokontroler yang banyak digunakan pada aplikasi sistem kontrol adalah mikrokontroler ATmega8. Bentuk dari mikrokontroler *ATmega8* dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.4 Mikrokontroler ATmega8 (Budiharto, 2011:4).

Menurut Budiharto (2011:4), konfigurasi pin mikrokontroler ATmega8 antara lain:

- VCC : merupakan *supply* tegangan digital
- GND : merupakan ground
- AREEF merupakan masukan referensi *A/D converter*
- Port B (PB7-PB0). Port B merupakan 8-bit *bi-directional* I/O dengan interval pull-up resistor. Terdapat 8 pin mulai dari pin B0 sampai B7. Port B terdapat XTAL1, XTAL2, TOSC1, TOSC2. PB6 digunakan sebagai *input* kristal (*inverting oscillator amplifier*) dan *input* ke rangkaian *clock* internal
- Port C (PC5-PC0). Port C terdapat tujuh pin mulai dari PC0 sampai PC6. Port C memiliki karakteristik sebagai keluaran/*output* Port C yang sama dalam menyerap dan mengeluarkan arus

- f. Reset/PC6. PC6 berfungsi sebagai pin *I/O* yang tidak dapat diprogram, *fuse* berfungsi sebagai reset tergantung pada tegangan dan pulsa yang masuk
- g. Port D (PD7-PD0). Port D memiliki 8-bit *directional I/O* dengan interval *pull-up* resistor. Port D memiliki fungsi sebagai masukan dan keluaran (*I/O*).

## 2.7 Pemrograman Bascom AVR

BASCOM AVR merupakan produk dari MSC Electronic yang juga Windows asli BASIC *Compiler* untuk keluarga AVR. BASCOM digunakan untuk pengembangan seluruh proses dari *coding* dan pengujian program untuk pemrograman mikrokontroler. Program ini berguna untuk melihat hasil program yang telah dibuat sebelum ditanamkan pada mikrokontroler (Kuhnel, 2001: 23-24).

## 2.8 Sensor

### 2.8.1 Pengertian Sensor

Menurut Adi (2010:167) Sensor merupakan suatu elemen yang mengubah sinyal masukan berupa besaran fisik menjadi sinyal atau besaran lain yang dapat ditampilkan, disimpan dan sebagai sinyal umpan pada sistem kontrol. Beberapa sensor yang biasa digunakan seperti sensor sentuh, sensor temperatur, sensor cahaya, dan sensor inframerah. Besaran fisik yang diukur antara lain jarak, gaya, temperatur, cahaya, suara dan magnet. Sensor dapat diklasifikasikan menurut *outputnya*, antara lain:

1. *Output* biner 0 (0 Volt ) atau 1 ( 5Volt )
2. *Output* analog 0 Volt sampai 5 Volt
3. *Output* Pewaktu ( PWM , waktu pantul)
4. *Output* serial ( UART, 12C, SPI, 1 Wire, 2 Wire, dan serial sinkron)
5. *Output* Pararel.

### 2.8.2 Sensor Soil Moisture FC-28

Sensor *Soil Moisture* adalah sensor yang dapat mendeteksi besaran listrik kandungan air tanah yang berada diantara kapasitor sensor. Prinsip kerja sensor kelembaban tanah yaitu mengukur kadar kejenuhan tanah dengan mengetahui resistansi tanah tersebut melalui dua probe. Penggunaannya ditancapkan ke tanah

untuk mendeteksi kelembaban (*moisture sensing probe*). Modul pemroses dapat menggunakan catu daya antara 3,3 Volt hingga 5 Volt sehingga fleksibel untuk digunakan pada mikrokontroler (Robot Wiki, 2016). Gambar 2.5 adalah sensor *soil moisture*. Spesifikasi sensor *soil moisture* yaitu:

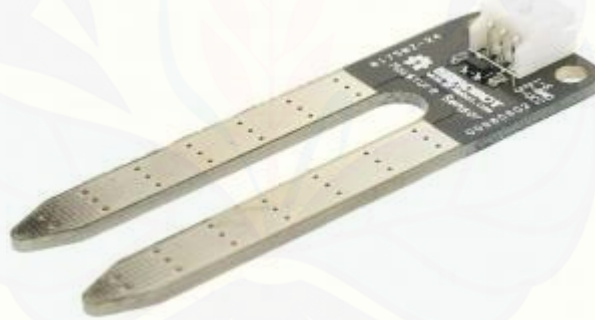
Tegangan masukan : 3,3 Volt atau 5 Volt

Tegangan keluaran : 0 – 4,2 Volt

Arus : 35 mA

Rentang nilai : 0 – 300 (tanah kering)  
300 – 700 (tanah lembab)  
700 – 950 (tanah jenuh)

Deskripsi pin : a. Tegangan keluaran analog (kabel biru) pada pin 1  
b. Tegangan masukan (kabel merah) pin 3  
c. GND (kabel hitam) pada pin 2



Gambar 2.5 Sensor *Soil Moisture* (Robot Wiki, 2016).

## 2.9 Desain Rancangan Industri

Berdasarkan Pasal 1 angka 1 UU No. 31 Tahun 2000, desain industri adalah suatu kreasi tentang bentuk, konfigurasi, atau komposisi garis atau warna, atau garis dan warna, atau gabungan daripadanya yang berbentuk tiga dimensi atau dua dimensi yang memberikan kesan estetis dan dapat diwujudkan dalam pola tiga dimensi atau dua dimensi serta dapat dipakai untuk menghasilkan suatu produk, barang, komoditas industri, atau kerajinan tangan (Republik Indonesia, 2000).

## 2.10 Penelitian Terdahulu

### 2.10.1 Prototipe Alat Penyemprot Air Otomatis Pada Kebun Pembibitan Sawit Berbasis Sensor Kelembaban dan Mikrokontroler ATmega8

Juniardy dkk (2014), melakukan penelitian pada penyiram bibit sawit dengan menggunakan mikrokontroler. Parameter yang digunakan yaitu kelembaban tanah sebagai variabel untuk melakukan penyiraman. Kemudian dibuat *prototype* alat penyemprot air yang dapat melakukan penyiramana secara otomatis. Jenis mikrokontroler yang digunakan yaitu atmega8 dan di program menggunakan CodeVisionAVR. Pada pemrograman sistem menggunakan empat sensor soil kelembaban tanah, hasil pembacaan keluaran ADC dari sensor tersebut dirata-rata dan nilai tersebut ditampilkan pada LCD dalam satuan kelembaban (%). Aktuator yang digunakan dalam penelitian ini adalah *relay* yang terhubung ke pompa air untuk melakukan penyiraman, *relay* yang digunakan berjumlah 1 buah. Sistem akan bekerja menghidupkan relay apabila nilai kelembaban berada pada batas bawah, sistem akan terus melakukan respon terhadap kenaikan atau penurunan kelembaban tanah sampai mencapai batas yang diinginkan. Pengujian *prototype* alat penyiraman dilakukan menggabungkan sensor yang telah terpasang pada media pembibitan kepala sawit ke mikrokontroler denganluar area pembibitan 1 ha dan membutuhkan. Dari pengujian yang dilakukan, sistem sudah dapat menampilkan data yang diinginkan dan dapat melakukan penyiraman sesuai batas yang diinginkan. Penggunaan *prototype* penyiraman tersebut bisa menghemat 0,2-2 liter air menjadi 0,2-0,8 liter permedia.

### 2.10.2 Prototype Peniram Tanan Otomatis dengan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Atmega 328

Bachri dan santoso (2017), melakukan penelitian memanfaatkan mikrokontroler sebagai kontrl otomatis untuk menyiram tanaman. beberapa tahapan yang dilakuka pada penelitian meliputi pengumplan referensi tentang mikrokontroler, merancang *hardware* dan *software*, melakukan pengujian dan evaluasi. *Prototype* penyiraman mengguakan tiga sensor sebagai *input* yaitu sensor ultrasonik sebagai pembaca ketinggian air pada penampung, sensor LM35 sebagai

pembaca suhu lingkungan dan sensor soil moisture YL-69 sebagai pembaca kelembaban tanah. Penampung air menggunakan sebuah wadah berbentuk kerucut pancung dengan ukuran untuk tinggi 22cm jari-jari bawah 10.5cm dan jari-jari atas 14.5cm. Untuk memonitoring tinggi air digunakan sensor ultrasonik HC-SR04 yang ditampilkan pada LCD. Prototype berjalan saat suhu atau kelembaban berkurang untuk menghidupkan water pump. Ultrasonik yang bekerja berdasarkan pantulan sinar ultrasonik membaca jarak ketinggian air pada penampung air.





## BAB 3. METODOLOGI

### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus sampai September 2016, dilakukan di Laboratorium Energi, Otomatisasi, dan Elektrifikasi Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian diantaranya yaitu: solder, penyedot timah, tang, obeng, perangkat komputer, *software* Bascom avr, Proteus, nampan, oven, desikator, timbangan digital.

Bahan yang digunakan dalam penelitian diantaranya yaitu: mikrokontroler, USB *downloader*, sensor *soil moisture*, LCD, catu daya, transistor, kapasitor, kabel, kristal, bor, pompa air, pipa, *nozzle*, papan kayu, dan bibit tembakau.

### 3.3 Rancangan Percobaan

Pada tahapan rancangan percobaan ini dilakukan adalah sebagai berikut.

#### 3.3.1 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan meliputi mencari literatur dari buku dan internet yang berkaitan dengan penelitian, serta melakukan observasi ke tempat pembibitan tembakau.

#### 3.3.2 Metode Perancangan Sistem

Perancangan sistem bertujuan menyusun rancangan dan kegiatan selama penelitian yang meliputi perancangan konsep, perancangan dan desain alat, serta pengujian. Tabel 3.1 merupakan perancangan sistem.

Tabel 3.1 Perancangan Sistem

No	Tahapan Perancangan	Uraian Kegiatan
1	Perancangan konsep	Observasi perawatan bibit tembakau, menentukan jenis mikrokontroler, menentukan sensor yang digunakan, menentukan cara kerja sistem penyiraman
2	Peancangan rangkaian dan desain alat	Menentukan komponen rangkaian alat, membuat rangkaian pada PCB, membuat desain kotak alat sebagai pelindung
3	pengujian	Melakukan kalibrasi, menentukan batasan penyiraman, melakukan pengujian komponen alat

### 3.4 Diagram Kerja Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan seperti Gambar 3.1



Gambar 3.1 Tahapan penelitian

### 3.5 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan sebelum melakukan penelitian. Pengumpulan data ini diantaranya yaitu studi literatur, pengambilan sampel media pembibitan tembakau, dan studi lapang mengenai proses perawatan bibit tembakau.

### 3.6 Simulasi Rangkaian

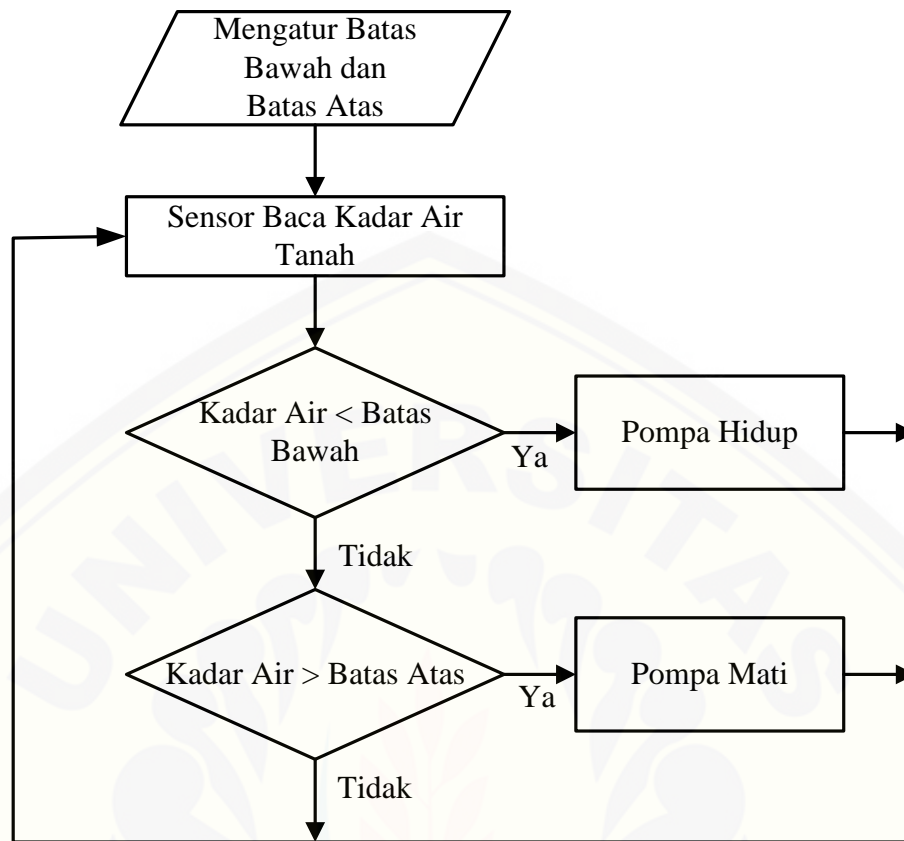
Simulasi rangkaian merupakan gambaran mengenai komponen yang dirancang pada software *proteus* sebelum rangkaian dibuat dalam bentuk nyata. Tujuan simulasi adalah memperoleh gambaran pada saat perakitan rangkaian sistem.

### 3.7 Perancangan Alat

Perancangan akan disesuaikan dengan simulasi rangkaian sistem yang sudah dibuat sebelumnya menggunakan *software proteus*. Pembuatan rangkaian dilakukan dengan menggabungkan komponen elektronika dan mikrokontroler yang dipasang pada PCB (*Printed Circuit Board*) sehingga menjadi rangkaian unit mikrokontroler. Rangkaian mikrokontroler dilengkapi dengan beberapa konektor untuk catu daya, sensor, *relay*, komunikasi serial, dan LCD. Perancangan alat terdiri atas perancangan operasional, perancangan fungsional, dan perancangan struktural.

#### 3.7.1 Rancangan operasional

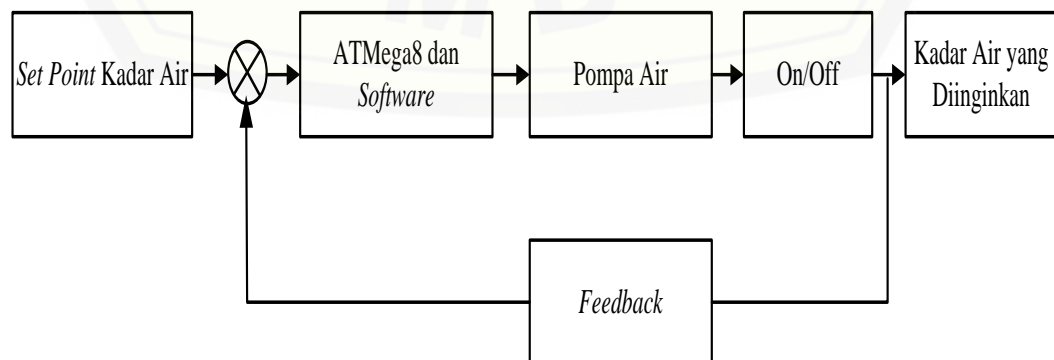
Prinsip kerja dari sistem kontrol pemberian air otomatis tersebut, pada saat sensor *soil moisture* mendeteksi kadar air tanah kemudian data akan dikirim ke mikrokontroler. Jika kadar air kurang dari *set point* batas bawah maka pompa air akan hidup dan melakukan penyiraman, dan jika kadar air lebih dari *set point* batas atas maka pompa air akan mati. *Relay* terhubung dengan pompa air dan secara otomatis melakukan penyiraman dengan sistem irigasi *springkle*. Prinsip kerja sistem kontrol dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram alir sistem kontrol kadar air

### 3.7.2 Rancangan Fungsional

Alat Kontrol penyiraman bibit tembakau terdiri dari beberapa unit fungsional, diantaranya: (a) sensor *soil moisture*, (b) mikrokontroler (c) LCD, (d) *relay* dan (e) pompa air. Rancangan fungsional dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram hubungan unit fungsional

a. *Set point* kadar air

*Set point* kadar air merupakan kondisi *range* yang diinginkan pada penyiraman bibit tembakau

b. Unit mikrokontroler dan pemrograman

Mikrokontroler yang digunakan yaitu mikrokontroler jenis ATmega8. Mikrokontroler merupakan unit pengolahan data sehingga mendapatkan informasi. Informasi tersebut selanjutnya akan menjadi perintah untuk menghidupkan *relay* dan pompa air. Program berfungsi menjalankan mikrokontroler sesuai dengan algoritma yang dibuat. Beberapa perintah yang diberikan program yaitu: pembacaan nilai kadar air, menampilkan data teks dan angka pada LCD, memberi perintah pada *relay*, dan melakukan transfer data pada komputer

c. *Relay*

Pada rangkaian ini, *relay* digunakan sebagai saklar otomatis untuk menghidupkan dan mematikan pompa air

d. Pompa air

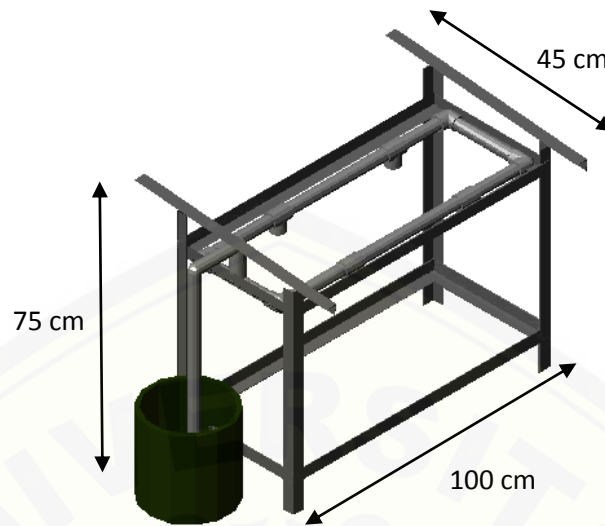
Pompa air pada sistem penyiram tanaman otomatis sebagai aktuator yang menaikkan air dari bak dan disiramkan ke tanaman melalui pipa

e. Kadar air yang diinginkan

Keseluruhan sistem bertujuan untuk mendapatkan kadar air yang diinginkan. Sistem tersebut terus melakukan *feedback* sehingga nilai kadar air tetap di nilai *set point* yang diinginkan.

### 3.7.3 Rancangan struktural

Komponen elektronik dipasang pada PCB (*Printed Circuit Board*) yang dilengkapi konektor untuk catu daya, sensor, *relay*, komunikasi serial dan LCD. Sensor *soil moisture* yang dipasang pada *prototipe* pembibitan tembakau. Kerangka pembibitan tembakau memiliki ukuran panjang 100 cm, lebar 45 cm dan tinggi 75 cm. Pompa air berfungsi untuk mengambil dari bak dan disalurkan melalui pipa yang telah dipasang pada kerangka. Pada bagian keluaran pipa dipasang *nozzle* sebagai penyemprot air. Rancangan struktural dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Rancangan struktural

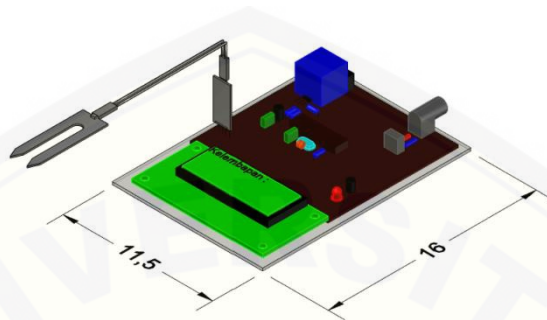
### 3.8 Pembuatan Program

Program dibuat menggunakan aplikasi BASCOM AVR. Program yang disusun dalam BASCOM AVR akan ditanamkan kedalam mikrokontroler. BASCOM AVR ini mempunyai fasilitas yang dapat mengubah file BAS menjadi file HEX, yang nantinya akan ditanamkan kedalam mikrokontroler melalui sebuah perangkat hardware yaitu USB *downloader*. Beberapa *listing* program yang digunakan yaitu program unit LCD, program unit *set point*, program unit sistem penyiraman, program unit komunikasi serial. Setelah itu, dilakukan *compile* program menggunakan USB *downloader*, sehingga mikrokontroler dapat dijalankan berdasarkan *listing* program yang sudah dibuat.

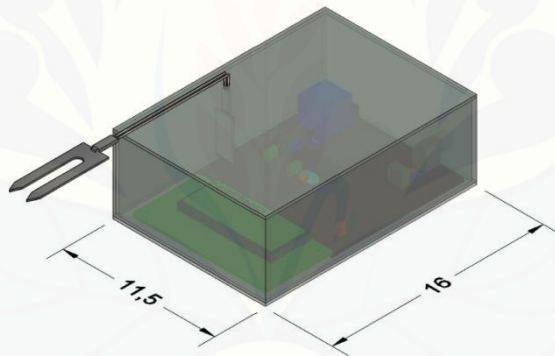
### 3.9 Desain industri

Rangkaian sistem kontrol penyiram tanaman dipasang pada kotak kayu tujuannya melindungi semua komponen dari benda-benda luar yang menyebabkan kerusakan dan mudah dipindah sesuai keinginan pengguna. Rangkaian mikrokontroler diberikan pelindung berupa kotak kayu dengan ukuran 11,5cm x 16 cm x 5cm. Desain alat dibuat praktis sehingga tidak mengganggu kegiatan perawatan bibit tembakau. Terdapat dua keluaran pada kotak rangkaian

mikrokontroler yaitu kabel power yang terletak di atas rangkaian dan kabel sensor yang terletak di bawah rangkaian. Gambar 3.5 adalah desain rancangan alat dan Gambar 3.6 adalah desain industri.



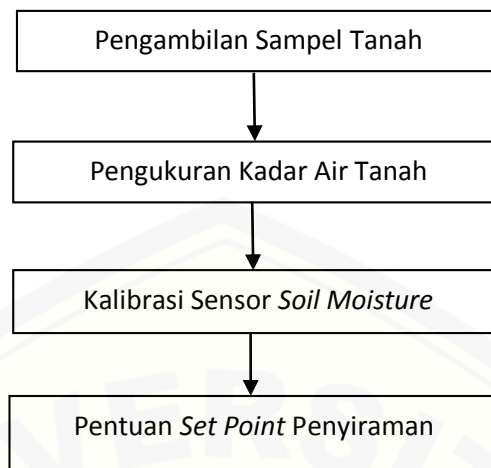
Gambar 3.5 Desain rancangan alat



Gambar 3.6 Desain industri

### 3.10 Kalibrasi dan Penentuan *Set Point*

Kalibrasi sensor *soil moisture* dilakukan dengan mengambil sampel tanah dari *polybag* pembibitan tembakau dan dihitung nilai kadar air serta diukur tegangan yang keluar dari sensor. Beberapa tahapan kalibrasi dan penentuan *set point* yang dilakukan antara lain:



Gambar 3.7 Tahapan kalibrasi dan penentuan *set point*

#### 3.10.1 Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah diambil dari pusat pembibitan temakau di di Litbang Jember. Sampel tanah selanjutnya dikeringanginkan dan dilakukan pengukuran kadar air tanah di Laboratoruim Energi, Otomatisasi, dan Elektrifikasi Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

#### 3.10.2 Pengukuran Kadar Air Tanah

Pengukuran kadar air tanah bertujuan mendapatkan nilai kadar air tanah dengan menambahkan berbagai variasi pemberian air. Beberapa tahapan penguuran kadar air tanah adalah sebagai yaitu:

1. memasukkan tanah kering angin sebanyak 100 gram sebanyak 15 sampel;
2. memberi berbagai variasi air pada masing-masing sampel sebanyak 0 ml, 2 ml, 4 ml, 6 ml, 8 ml, 10 ml, 12 ml, 14 ml, 16 ml, 18 ml, 20 ml, 22 ml, 24 ml, 26 ml, 28 ml sampai kondisi tanah jenuh;
3. mengukur sinyal digital yang terbaca sensor;
4. membagi sampel dari berbagai variasi pemberian air tersebut, masing-masing dibagi ke dalam 3 cawan;
5. mengukur kadar air pada masing-masing sampel dengan cara menimbang tanah pada masing-masing sampel kemudian di oven pada suhu 105°C selama kurang



lebih 24 jam. Masing-masing sampel kemudian dikeluarkan dari oven dan dimasukkan ke desikator selama kurang lebih setengah jam dan ditimbang.

### 3.10.3 Kalibrasi Sensor *Soil Moisture*

Kalibrasi bertujuan membandingkan nilai ADC sensor dan hasil pengukuran kadar air. Hasil nilai kadar air dan tegangan dicatat pada tabel dan dicari persamaan regresi sederhana menggunakan Microsoft Excel, hasil persamaan tersebut di *compile* ke mikrokontroler, sehingga mikrokontroler dapat mengolah data dari sensor dan menampilkan nilai kadar air ke LCD. Tabel 3.2 adalah *form* pencatatan kadar air dan tegangan.

Tabel 3.2 *Form* pencatatan kadar air dan tegangan

Sampel	Tegangan (V)			Kadar Air (%)		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
1						
2						
3						
4						
5						

### 3.10.4 Penentuan *Set Point* Penyiraman

Mikrokontroler yang telah di *compile* berdasarkan program sudah dapat membaca nilai kadar air pada media pembibitan temakau. Penyiraman dilakukan berdasarkan kapasitas lapang dan titik layu. Penentuan *set point* penyiraman dilakukan dengan melakukan pengukuran lapang yang biasa dilakukan petani pada saat penyiraman. Pengukuran dilakukan dengan mengambil beberapa sampel media, kemudian mengukur kadar air sebelum penyiraman dan setelah penyiraman menggunakan sensor yang telah terkalibrasi dan terhubung pada mikrokontroler. Hasil pengukuran kadar air sebelum penyiraman dirata-rata sehingga didapatkan nilai *set point* batas bawah sedangkan rata-rata kadar air setelah penyiraman digunakan sebagai *set point* batas atas.

## 3.11 Pengujian Alat

Pengujian kinerja alat kontrol penyiraman bibit termbakau, mikrokontroler ditambahkan program komunikasi serial untuk transfer data mikrokontroler ke komputer melalui USB. Salah satu program untuk menyimpan data yaitu Tera Term. Pengujian kinerja dilakukan dengan mengamati perubahan kadar air dan kondisi pompa. Data hasil pengamatan disimpan dalam bentuk txt.

### **3.12 Analisis Data**

Data yang diambil dari unit kinerja antara lain data kadar air tanah, tegangan keluaran dari sensor *soil moisture*. Pengolahan data menggunakan metode regresi untuk mendapat persamaan konversi. Hasil persamaan selanjutnya disisipkan ke program pengendali mikrokontroler. Data hasil uji kinerja diolah menggunakan Microsoft Excel dan ditampilkan dalam bentuk grafis.

## BAB 5 PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan pada alat penyiraman bibit tembakau berbasis mikrokontroler, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Alat pengontrol penyiraman yang telah dirancang terdiri atas beberapa komponen yaitu LCD, sensor *soil moisture* tipe FC-28, mikrokontroler dan pengatur set point yang diprogram dengan BascomACR.
2. Berdasarkan pengujian kontrol otomatis penyiraman menggunakan media tanah pembibitan tembakau, subjek penyiraman adalah bibit tembakau dengan pengaturan penyiraman berdasarkan batas minimum dan maksimum kadar air yang disesuaikan dengan usia bibit tembakau.

### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan terdapat beberapa kekurangan. Sehingga didapatkan beberapa saran , diantaranya.

1. Perlu dilakukan penambahan sensor suhu dan intensitas cahaya untuk mengatur suhu ruang pembibitan dan intensitas cahaya yang diterima bibit
2. Perlu adanya notifikasi kelembaban pada tanaman melalui pesan singkat yang dapat difungsikan otomatis melalui WEB
3. Penambahan RTC akan lebih menguntungkan karena dapat menyiram tanaman agar lebih terjadwal
4. Penambahan sensor level air agar dapat memberi peringatan ketika tangki penyiraman akan habis

**DAFTAR PUSTAKA**

- Adi, A. N. 2010. *Mekatronika*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Bachri, A, dan Santoso, E. W. 2017. Prototype Penyiram Tanaman Otomatis Dengan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Atmega 328. *Jurnal JE-Unisla Vol 2 No 1 Maret 2017*
- Budiharto, W. 2011. *Aneka Proyek Mikrokontroler*. Jakarta: Graha Ilmu.
- Budiharto, W. 2014. *Panduan Praktis Dan Perancangan Hasta Karya Robot*. Jakarta: Andi
- Republik Indonesia. 2000. Undang-undang Republik Indonesia Nomor 31 Tahun 2000 Tentang Desain Industri. [Serial Online]. [www.dgip.go.id/desain-industri](http://www.dgip.go.id/desain-industri) [21 Januari 2016].
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2014. *Statistik Perkebunan Indonesia (Tree Crop Estate Statistic Of Indonesia 2013-2015 Tembakau (Tobacco)*. Direktorat Jendral Perkebunan. [Serial Online] <http://ditjenbun.pertanian.go.id>. [21 Januari 2016].
- Foth, H. D. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Terjemahan oleh Endang Dwi Purbayanti, Dwi Retno Lukiwati dan Rahayu Trimulatsih. 1998. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Gardner, F.P., Pearce, P. R. B., Mitchell, R. L. 1985. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Terjemahan oleh Herawati Susilo. 1991. Jakarta: UI Press.
- Hartana, I. 1978. *Budidaya Tembakau Cerutu Masa Pra Panen*. Jember: Balai Penelitian Perkebunan Jember.
- Islami, T. dan W.H. Utomo, 1995. *Hubungan Tanah, Air dan Tanaman*. Semarang: IKIP Semarang Press.
- Iswanto. 2008. *Mikrokontroler ATmega8535 dengan Bahasa Basic*. Yogyakarta: Grava Media.
- Juniardy, V. R., Trianto, D., dan Brianorna, Y. 2014. Prototpe Alat Penyemprot Air Otomatis Pada Kebun Pembibitan Sawit Berbasis Sensor Kelembaan dan Mikrokontroler AVR ATmega8. *Jurnal Coding Sistem Komputer Universitas Tanjungpura Volume 02 No. 3 (2014), hal 1 – 10*.
- Kartasapoetra, A.G, dan Sutedjo M.M. 1991. *Pengantar Ilmu Tanah*. Jakarta: Rineka Cipta.

Kuhnel, C. 2001. *BASCOM Programming Of Microcontrollers With Ease*. USA: Universal Publishers. [Serial Online] [http://read.pudn.com/downloads68/ebook/244734/BASCOM\\_Programming\\_of\\_Microcontrollers\\_with%20Ease.pdf](http://read.pudn.com/downloads68/ebook/244734/BASCOM_Programming_of_Microcontrollers_with%20Ease.pdf) [diakses 1 April 2018].

Matnawi, H. 1997. *Budidaya Tembakau Bawah Naungan*. Yogyakarta: Kanisius.

Robot Wiki. 2016. *Moisture Sensor* (SKU:SEN0114). [Serial Online]. [https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Moisture\\_Sensor\\_\(SKU:SEN0114\)#Moisture](https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Moisture_Sensor_(SKU:SEN0114)#Moisture) [25 Maret 2016].

Sutabri. 2012. *Analisis Sistem Informasi*. Yogyakarta: Andi.

Sutarman. 2012. *Pengantar Teknologi Informasi*. Jakarta: Bumi Aksara.

Taib, G., Sa'id, G., dan Wiraatmaja. 1987. *Operasi Pengeringan Pada Pengelolaan Hasil Pertanian*. Bogor: PT. Melton Putra.

LAMPIRAN

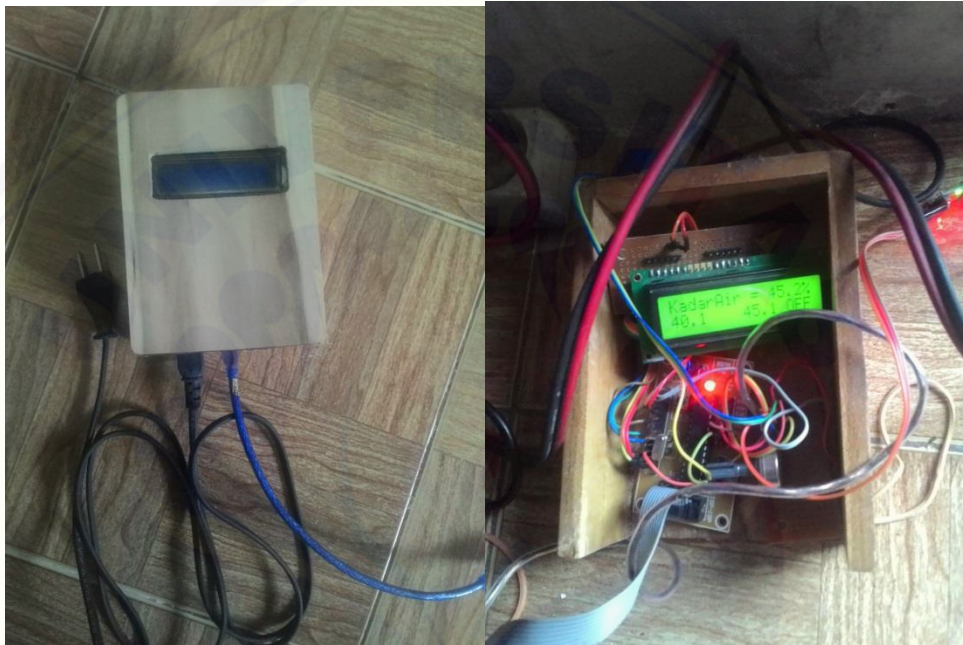
LAMPIRAN A. Kalibrasi Sensor

NO	Penambahan Air (ml)	ADC			Rata- rata	NO Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Berat Cawan (gr)	Kadar Air BK (%)	Kadar Air BB (%)	KA BB Rata- rata	KA BB Rata- rata
		1	2	3									
0	0	65	74	64	681.0 0	1	20.46	14.52	4.46	59.05	37.13		
		3	7	3		2	18.66	13.45	4.57	58.67	36.98		37.2
						3	17.76	12.78	4.54	60.44	37.67	59.38	6
1	2	57	58	57	579.3 3	11	18.91	12.96	3.85	65.31	39.51		
		7	7	4		12	17.94	12.55	3.93	62.53	38.47		39.1
						13	20.47	14.23	4.6	64.80	39.32	64.21	0
2	4	50	51	50	505.3 3	21	18.53	12.3	3.94	74.52	42.70		
		4	2	0		22	22.3	14.81	4.43	72.16	41.91		42.1
						23	20.98	14.03	4.4	72.17	41.92	72.95	8
3	6	45	45	45	455.6 7	31	17.58	11.63	3.96	77.57	43.69		
		9	3	5		32	20.7	13.33	3.94	78.49	43.97		43.9
						33	20.53	13.52	4.69	79.39	44.26	78.48	7
4	8	44	45	44	445.3 3	41	22.67	14.49	4.56	82.38	45.17		
		6	0	0		42	22.15	14.14	4.47	82.83	45.31		44.6
						43	19.1	12.77	4.51	76.63	43.39	80.61	2
5	10	42	43	43	431.3 3	51	21.52	13.66	4.44	85.25	46.02		
		8	6	0		52	20.41	13.39	4.89	82.59	45.23		45.6
						53	19.83	13.1	5.09	84.02	45.66	83.95	4
6	12	40	42	39	409.6 7	61	18.87	11.76	3.91	90.57	47.53		
		9	3	7		62	21.11	13.64	4.93	85.76	46.17		46.7
						63	20.34	12.73	3.98	86.97	46.52	87.77	4
7	14	34	33	33	336.0 0	71	20.4	12.92	4.68	90.78	47.58		
		3	4	1		72	20.78	12.75	3.91	90.84	47.60		47.2
						73	23.78	14.93	4.72	86.68	46.43	89.43	0
8	16	32	31	29	310.0 0	81	20.6	12.62	3.97	92.25	47.99		
		3	2	5		82	21.62	13.37	4.48	92.80	48.13		47.7
						83	23.44	14.68	4.8	88.66	47.00	91.24	0

9	18	30 2	27 5	29 0	289.0 0	91	23.26	13.83	3.9	94.96	48.71			
						92	23.34	13.88	3.89	94.69	48.64		48.9	
						93	25.84	15.36	4.6	97.40	49.34	95.69	0	
10	20	26 0	26 6	27 1	265.6 7	101	23.12	13.55	3.93	99.48	49.87			
						102	22.52	13.61	4.61	99.00	49.75		49.8	
						103	22.51	13.2	3.9	100.11	50.03	99.53	8	
11	22	23 8	23 5	23 8	237.0 0	111	21.65	13.27	5.01	101.45	50.36			
						112	18.77	11.12	3.9	105.96	51.45	103.9		
						113	20.2 22.7	11.9	3.96	104.53	51.11	8	0.97	
12	24	22 6	23 4	26 9	243.0 0	121	3	13.55	4.73	104.08	51.00			
						122	19.9 16.7	6	11.7	4.02	107.55	51.82	105.6	51.3
						123	7	10.26	4.08	105.34	51.30	6	7	
13	26	21 6	21 2	22 0	216.0 0	131	5	12.64	4.07	110.97	52.60			
						132	19.8 20.7	9	11.9	4.54	108.56	52.05	109.7	52.3
						133	6	12.02	4.05	109.66	52.30	3	2	
14	28	20 0	19 1	19 5	195.3 3	141	28.4 1	15.45	3.95	112.70	52.98			
						142	25.1 25.9	1	14.21	4.57	113.07	53.07	112.1	52.8
						143	9	14.74	4.57	110.62	52.52	3	6	

**LAMPIRAN B. Perancangan Alat**

**Lampiran B1. Perancangan Alat Kontrol Otomatis**



**Lampiran B.2 Perancangan Prototipe Ruang Penyiraman Bibit Tembakau**





**LAMPIRAN C. Listing Program**

```
$regfile = "m8adef.dat"
$crystal = 8000000
$baud = 19200

Config Prtb = Output
Config PortD = Output
Config Lcdpin = Pin , Db7 = Portd.7 , Db6 = Portd.6 , Db5 = Portd.5 , Db4 = Portd.4 , E = Portd.3
, Rs = Portd.2
Config Lcd = 16 * 2
Cls
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference= Interval
Cursor Off
Do
X = 0
FOR Y = 0 TO 99
A = Getadc(0)
X = X + A
next
Z = X/100
B = -1
C = 0.0323*B
D = C*A
E = D + 58.778
F = Fusing (E , "##.#")

Locate 1 , 1
Lcd "KadarAir ="
Locate 1 , 12
Lcd F
Locate 1 , 16
Lcd "%"
Cls

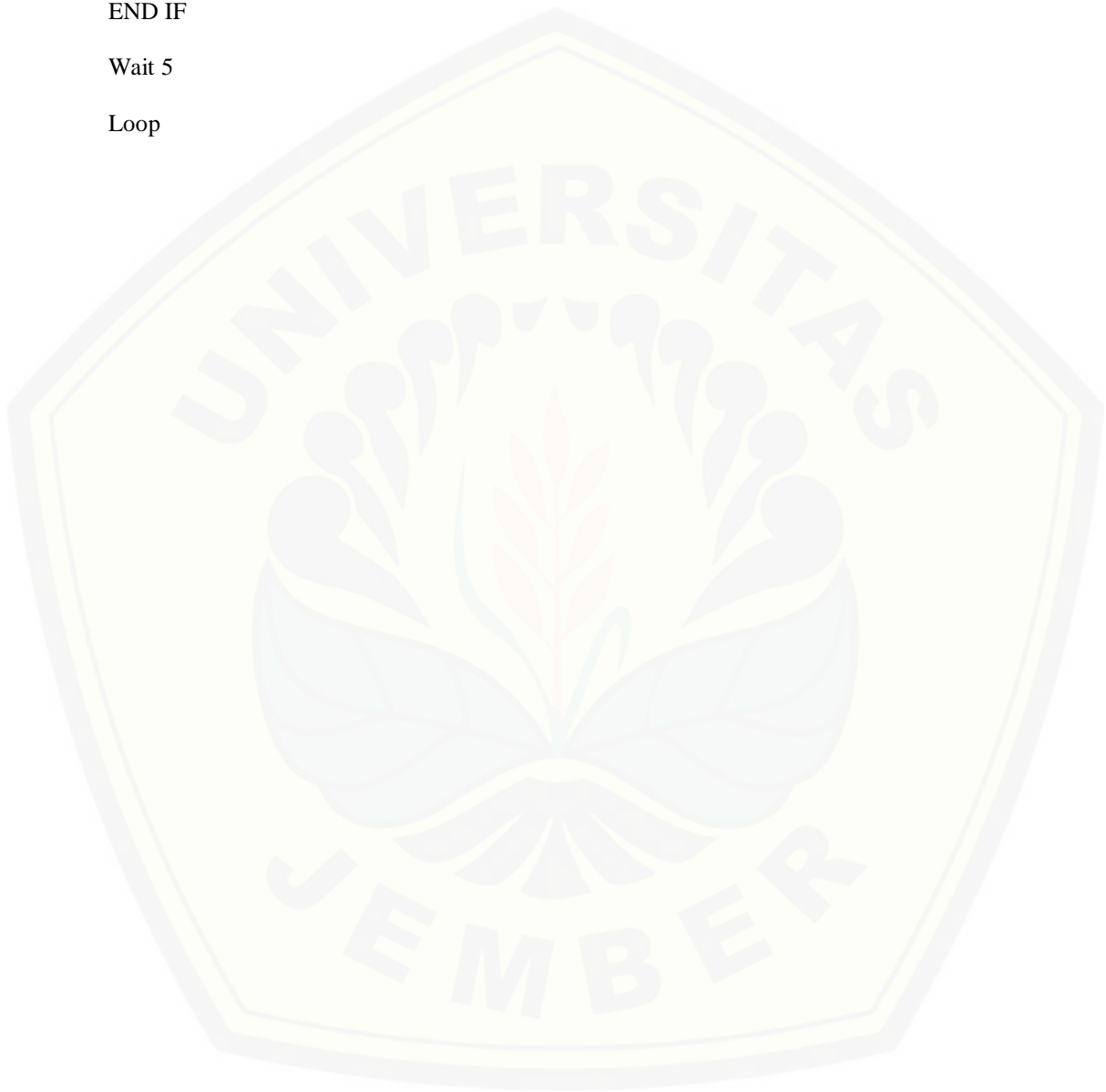
G = Getadc(1)
H = G / 19
I = Fusing(H , "##.#")
J = H + 5
K = Fusing(J , "##.#")
Locate 2 , 1
Lcd I
Locate 2 , 9
Lcd K

If E < H THEN
```

```
PORTB.1 = 1  
LOCATE 2 , 6  
LCD "ON"  
Elseif E > J THEN  
PORTB.1 = 0  
LOCATE 2 , 13  
LCD " OFF"  
END IF
```

Wait 5

Loop



**LAMPIRAN D. Uji Kestabilan Sensor**

Jam Ke-									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50,8	48,6	49,2	48,3	46,4	45,3	45,2	38,4	30,5	26,4
50,8	48,5	48,8	47,5	46,5	45,6	45,5	38,3	29	26,9
50,9	49,4	48,1	47,7	46,7	45,4	45,7	38,3	29,5	26,5
50,9	49,8	48	48,1	46,5	45	45,5	39,3	30,3	26,5
51	50,4	48	47,4	46,3	45,3	45,8	38,8	30,6	26,3
51	50,5	48,1	47,4	46,2	45,4	45,9	38,3	29,8	26,3
51	50,4	48,1	47,2	46,1	45,9	45,5	38,8	30	26,5
50,4	50,4	48	47,3	45,9	45,5	45,8	38,8	29,4	26,7
50,1	50	48,1	47,3	46,4	45,3	45,6	39,3	30,3	26,5
50,1	49,3	48,2	46,9	46,6	45,8	45,7	38,4	30,5	26,7
50,2	48,4	48,4	47,4	46,2	45,4	46	39,7	30,2	26,3
50,2	49,1	48,5	46,8	46,4	45	45,7	38,4	30,9	26,5
50,3	49,5	48,6	47,2	46,5	45,1	45,5	38,4	31,2	26,2
50,3	50,6	48,5	47,2	46	45,7	45,9	38,4	28,8	26
50,2	50,3	48,5	46,8	46,4	45,4	45,9	38,8	29,9	26
50,1	50,2	48,5	47,3	46,6	45	46	38,8	30,5	26,1
50,1	50,3	48,3	47,2	46,2	45,4	45,7	38,7	30,5	26,3
50,3	50,4	48,2	46,7	46,4	44,7	45,8	39,2	30,5	26,3
50,3	50,4	48,1	47	46,4	45,5	45,8	39,2	30,5	26
50,4	50,6	48,8	47	45,9	44,7	45,8	38,6	30,1	26,2
50,4	50,3	49	47	46,4	45,5	45,5	38,9	30,5	26,2
50,4	49,6	49,1	46,8	46,6	44,8	45,5	38,6	30,7	26,1
50,2	49,4	49,1	47,2	46,2	45,3	45,6	38,7	29,7	26,2
50,1	49,2	48,6	46,4	46	45,2	46,1	38,6	29,9	26,1
50,1	48,6	48,4	46,9	46,6	45,1	45,6	38,7	28,7	26
50,4	48,4	48,2	47,2	45,9	44,8	45,9	38,4	29,7	25,9
49,9	49,4	48,1	47	46,6	45,4	46,2	38,9	30,2	26
49,6	49,8	48,8	46,5	45,9	45,1	45,8	38,8	29,4	26,1
49,5	49,8	48,9	46,8	46,3	44,6	45,8	38,6	29,9	26,3
49	49,5	49,2	47,1	46,4	45,2	45,8	38,5	30,4	26,2
48,9	49,2	49,2	47,3	46,1	45,6	45,6	38,6	29,6	25,9
48,8	49,5	48,5	47,1	46,6	45	45,5	38,6	29,2	25,8
48,7	49,8	48,4	46,8	46,1	45,3	45,5	38,6	28,3	25,8
48,8	49,8	48,3	47	46,1	45,4	45,5	39,3	28,9	25,9
48,9	50,3	48,2	47,1	46,5	45,7	45,4	39,3	29,6	26
49,1	50,6	48,1	47,4	46,3	45,2	45,4	40,3	30,6	26
49,7	50,3	48,1	47,3	46,2	45	45,6	39,5	30,5	26
49,7	49,6	48	47,3	46,3	44,9	45,5	38,8	30,2	25,8
49,7	49,4	48,7	47,4	46,2	45,3	45,8	38,9	29,7	25,8
50,1	49,1	49	47,4	46,3	45,6	45,4	39,8	30,1	25,7
50,2	48,6	48,6	47,5	46,2	45,1	45,6	38,7	30,1	25,7
49,6	48,4	48	47,4	46,4	44,8	45,3	39,9	30,1	25,7
49	49,2	48,7	47,4	45,9	45,3	45,7	37,9	30	25,7
48,7	49,9	49,1	47,2	46,5	45,6	45,4	38,4	30,2	25,7
48,9	50,3	48,5	47,2	46	45,1	45,8	39,2	29,5	25,7
49,7	50,5	48,1	47,1	46,1	44,9	45,6	38,4	29,9	25,8
50,2	50,6	49	47,1	46,4	44,7	45,3	38,3	30,4	25,8
50	50,4	48,5	47,3	45,8	44,8	45,4	38,1	29,6	26
49,8	50	47,9	47,5	46,5	45,2	45,5	38,4	29,6	25,7
50,3	49,7	48,9	47,4	45,9	45,3	45,5	38,1	29,4	25,8
50,5	49,5	49,3	47,3	46,2	44,9	45,1	39,6	30,5	25,7
50,3	49,5	48,5	46,9	46,3	45,3	45	39,5	29,7	25,9
49,7	49,4	48	46,9	45,9	45,7	45,3	39,3	28,9	25,8
49,7	49,3	48,7	47,2	46,6	45,2	45,2	39,5	29,6	25,7
49,7	48,9	49,1	47,5	45,8	44,9	45,1	38,2	30,2	25,8

49,7	48,6	48,6	47,5	46,5	45,4	45,2	38,6	30,9	25,8
49,7	48,4	47,9	47,2	45,9	45,4	44,4	38,5	30,8	25,7
49,6	48,5	49,1	46,9	46,2	45	44,8	39,3	29,5	25,8
48,8	49,1	48,1	46,9	46,4	44,8	45,2	39,7	29,5	25,7
49,9	49,8	48,8	47,4	45,9	45,4	44,9	38	29,3	25,8
49,8	49,9	49,1	47,3	46,4	45,7	44,5	39,2	30,1	25,7
49,2	50,3	48,3	46,7	46,3	45,5	44,9	38,5	30,1	25,7
48,8	50,6	48,1	47,6	45,9	45,3	45,1	39,1	30,4	25,8
49,8	50,2	48,6	46,8	46,2	45,3	44,6	39,1	29,5	25,7
50,1	49,5	48,9	47,6	46,5	44,7	44,7	38,9	29,9	25,7
49,2	49,4	48,5	47,2	46,1	45,2	44,9	38,7	29,7	25,8
48,7	49,2	48,1	46,8	46	45	45,2	38,6	29,7	25,8
48,7	48,5	49,1	47,3	46,4	45,2	45	38,9	29,4	25,7
49,2	48,8	48,2	47,5	46,4	45,7	44,6	38,9	30,1	25,9
50	49,4	48,2	47,6	46,1	45,2	44,9	38,7	30,7	25,7
50,2	49,8	48,8	47,2	46	45,3	45,3	38,3	29,4	27,3
49,8	50,1	49,1	47,2	46,2	45,1	45,1	38,1	29,4	25,7
49,7	50,6	48,5	47,2	46,6	45	45	37,8	29,3	27,5
49,7	49,4	48	47,5	46,4	45,5	44,4	37,3	29,2	25,7
50	48,9	48,9	47,4	46	45,5	44,6	38,9	30,1	25,7
50,1	49,1	48,8	47	46,6	45,5	44,8	38,6	29,9	25,7
49,9	49,2	48,1	47,1	46	45,2	44,8	38,1	28,7	25,7
49,8	50,2	48,8	47,7	46,6	45,1	44,8	38,3	28,8	25,7
49,8	49,3	49,1	47,3	46	45,3	44,8	38,6	28,2	25,7
50,1	49	48,5	47,1	46,2	45,1	44,8	38,2	29,1	25,7
50,3	48,9	48	47,6	46,5	45,2	44,9	38,8	29,8	25,7
50,3	48,7	48,2	46,9	46	45,7	44,9	38,1	29,7	25,7
50,4	48,6	48,9	47,2	46,2	45,4	45,3	38,2	29,5	25,7
50,4	49,8	49,1	47,3	46,6	45	45,1	38,6	29,8	25,7
49,7	49,7	48,2	47,4	46,3	45,3	45	38,8	29,8	25,7
49,7	49,4	48,2	46,8	46,1	45,8	44,4	39,1	29,2	25,7
50,4	49,5	49	47,4	46,6	45,4	44,8	38,6	29,5	25,7
50,1	49,2	48,5	47,7	46,3	45,2	45	38,6	29,7	25,7
50	49,6	48	47,2	46	45,6	44,4	38,3	30,6	25,7
50,2	50,6	48,9	47,4	46,3	44,9	44,6	38,6	30,5	25,9
50,2	49,8	48,5	47,3	46,5	45,3	44,7	38,8	30,9	25,7
50,1	48,6	48,1	47,3	46,3	45,3	45,1	38,4	29,6	25,7
50,3	49,1	48,9	47,4	46,1	45,2	45,1	38,5	30,9	25,7
50,5	48,7	48,5	46,9	45,9	45,3	45	38,5	30,6	25,7
49,8	49	48	47,7	46,2	45,1	44,9	38,5	30,1	25,7
49,6	48,5	48,7	47,2	46,6	45,2	44,9	38,5	30,4	25,7
50,8	48,8	49,1	47,2	46,3	45,1	45,1	38,5	30,1	25,7
48,6	49	48,3	47,7	45,9	45,1	45	38,5	30,2	25,7
50,9	49,1	48,5	47	46,1	44,9	44,8	38,8	29,2	25,7
49,7	49	49,2	47,4	46,6	45	44,3	37,8	30,2	25,7
50,1	49	48	47,3	46,4	44,8	44,5	39,1	29,8	25,7
51	49,1	48,9	46,9	46,3	45	44,5	38,8	29,1	25,7
48,6	50,7	48,4	47,7	46,2	44,6	44,6	38,7	29,5	25,7
50,9	50,1	48,7	47,2	45,9	45	44,3	39	29,2	25,7
50	50	49,2	47,2	45,9	44,9	43,6	38	30	25,7
49,5	49,2	48,3	47,6	46,2	45,1	44	39,1	30,1	25,7
49,4	50	48,7	47,3	46,6	44,9	44,3	38,8	30	25,7
49	48,5	49,1	47,2	46,5	44,9	44,2	38,9	30,4	25,7
49,9	49,1	48,1	47,4	46,3	45,1	44	38,7	30,6	25,7
48,6	49,4	49,2	47,5	46,3	44,5	44,5	38	30,7	25,7
49	49	48,2	47,3	46,3	45,1	44,8	38,4	30,9	25,7
50,9	49,7	48,8	46,9	46,2	45,3	44,6	38,4	30,4	25,7
49,1	48,3	48,5	46,8	46,3	45,5	44,7	39,2	29,9	25,7
50,1	49,6	47,9	47,1	46,5	45	45	38,9	29,7	25,7
49,4	48,1	49,1	47,4	46,5	45	44,3	38,2	29,4	25,7
49,9	49,3	48,2	47,2	46,2	44,9	43,7	37,7	29,8	25,7

**LAMPIRAN E. Penentuan Set Point**

NO	Kadar Air Sebelum Siram (%)	Kadar Air Setelah Siram (%)
1	46,2	50,9
2	45,7	50
3	46	51,1
4	46,5	51,3
5	46,1	52
6	46,5	50,7
7	45,8	52,1
8	46,4	50,8
9	46,5	50,7
10	46,7	50,5
11	46,1	51,3
12	48,5	50,9
13	47,6	51,2
14	46,7	51,7
15	46	51,3
16	46,7	51,4
17	46,1	51,4
18	46	51,3
19	46	51,7
20	46	51
21	46,1	51,1
22	46	51,1
23	45,9	51,2
24	45,9	51
25	45,9	50
26	45,9	50
27	46,3	50
28	46,2	51,1
29	46	51
30	45,8	51
Raa- rata	46,27	51,03

**Lampiran F. Uji Performa**

Pukul	Kadar Air	Pompa						
			9:08:35	49,4	Mati	9:12:15	49	Mati
9:05:00	51,2	Mati	9:08:40	49,3	Mati	9:12:20	48,9	Mati
9:05:05	51,2	Mati	9:08:45	49,4	Mati	9:12:25	48,9	Mati
9:05:10	51,1	Mati	9:08:50	49,4	Mati	9:12:30	49	Mati
9:05:15	51	Mati	9:08:55	49,4	Mati	9:12:35	48,9	Mati
9:05:20	51	Mati	9:09:00	49,4	Mati	9:12:40	48,9	Mati
9:05:25	50,8	Mati	9:09:05	49,3	Mati	9:12:45	48,9	Mati
9:05:30	50,9	Mati	9:09:10	49,4	Mati	9:12:50	48,8	Mati
9:05:35	50,3	Mati	9:09:15	49,3	Mati	9:12:55	48,9	Mati
9:05:40	50,2	Mati	9:09:20	49,3	Mati	9:13:00	48,8	Mati
9:05:45	49,8	Mati	9:09:25	49,3	Mati	9:13:05	48,8	Mati
9:05:50	49,7	Mati	9:09:30	49,2	Mati	9:13:10	48,8	Mati
9:05:55	49,8	Mati	9:09:35	49,3	Mati	9:13:15	48,8	Mati
9:06:00	49,8	Mati	9:09:40	49,2	Mati	9:13:20	48,7	Mati
9:06:05	49,7	Mati	9:09:45	49,2	Mati	9:13:25	48,8	Mati
9:06:10	49,7	Mati	9:09:50	49,3	Mati	9:13:30	48,7	Mati
9:06:15	49,7	Mati	9:09:55	49,2	Mati	9:13:35	48,7	Mati
9:06:20	49,7	Mati	9:10:00	49,2	Mati	9:13:40	48,7	Mati
9:06:25	49,7	Mati	9:10:05	49,2	Mati	9:13:45	48,7	Mati
9:06:30	49,7	Mati	9:10:10	49,2	Mati	9:13:50	48,7	Mati
9:06:35	49,7	Mati	9:10:15	49,2	Mati	9:13:55	48,7	Mati
9:06:40	49,6	Mati	9:10:20	49,2	Mati	9:14:00	48,6	Mati
9:06:45	49,6	Mati	9:10:25	49,1	Mati	9:14:05	48,6	Mati
9:06:50	49,6	Mati	9:10:30	49,1	Mati	9:14:10	48,7	Mati
9:06:55	49,6	Mati	9:10:35	49,2	Mati	9:14:15	48,7	Mati
9:07:00	49,6	Mati	9:10:40	49,1	Mati	9:14:20	48,6	Mati
9:07:05	49,6	Mati	9:10:45	49,1	Mati	9:14:25	48,6	Mati
9:07:10	49,6	Mati	9:10:50	49,1	Mati	9:14:30	48,7	Mati
9:07:15	49,6	Mati	9:10:55	49,1	Mati	9:14:35	48,6	Mati
9:07:20	49,6	Mati	9:11:00	49,1	Mati	9:14:40	48,5	Mati
9:07:25	49,6	Mati	9:11:05	49,1	Mati	9:14:45	48,5	Mati
9:07:30	49,6	Mati	9:11:10	49,1	Mati	9:14:50	48,6	Mati
9:07:35	49,6	Mati	9:11:15	49	Mati	9:14:55	48,6	Mati
9:07:40	49,6	Mati	9:11:20	49,1	Mati	9:15:00	48,5	Mati
9:07:45	49,6	Mati	9:11:25	48,9	Mati	9:15:05	48,5	Mati
9:07:50	49,6	Mati	9:11:30	49,1	Mati	9:15:10	48,5	Mati
9:07:55	49,5	Mati	9:11:35	49,1	Mati	9:15:15	48,4	Mati
9:08:00	49,6	Mati	9:11:40	49,2	Mati	9:15:20	48,6	Mati
9:08:05	49,5	Mati	9:11:45	49,1	Mati	9:15:25	48,5	Mati
9:08:10	49,5	Mati	9:11:50	49	Mati	9:15:30	48,4	Mati

9:08:15	49,5	Mati	9:11:55	49	Mati	9:15:35	48,5	Mati
9:08:20	49,5	Mati	9:12:00	49	Mati	9:15:40	48,5	Mati
9:08:25	49,4	Mati	9:12:05	49	Mati	9:15:45	48,4	Mati
9:08:30	49,4	Mati	9:12:10	49	Mati	9:15:50	48,3	Mati
9:15:55	48,4	Mati	9:19:40	48,1	Mati	9:23:30	47,7	Mati
9:16:00	48,5	Mati	9:19:45	48,1	Mati	9:23:35	47,8	Mati
9:16:05	48,5	Mati	9:19:50	48,1	Mati	9:23:40	47,8	Mati
9:16:10	48,4	Mati	9:19:55	48,1	Mati	9:23:45	47,8	Mati
9:16:15	48,4	Mati	9:20:00	48	Mati	9:23:50	47,7	Mati
9:16:20	48,4	Mati	9:20:05	48,1	Mati	9:23:55	47,7	Mati
9:16:25	48,3	Mati	9:20:10	48	Mati	9:24:00	47,7	Mati
9:16:30	48,3	Mati	9:20:15	48	Mati	9:24:05	47,8	Mati
9:16:35	48,4	Mati	9:20:20	48,1	Mati	9:24:10	47,7	Mati
9:16:40	48,4	Mati	9:20:25	48	Mati	9:24:15	47,7	Mati
9:16:45	48,3	Mati	9:20:30	48	Mati	9:24:20	47,6	Mati
9:16:50	48,3	Mati	9:20:35	48,1	Mati	9:24:25	47,6	Mati
9:16:55	48,3	Mati	9:20:40	48	Mati	9:24:30	47,7	Mati
9:17:00	48,3	Mati	9:20:45	48	Mati	9:24:35	47,8	Mati
9:17:05	48,3	Mati	9:20:50	48	Mati	9:24:40	47,7	Mati
9:17:10	48,3	Mati	9:20:55	48	Mati	9:24:45	47,7	Mati
9:17:15	48,2	Mati	9:21:00	48	Mati	9:24:50	47,7	Mati
9:17:20	48,2	Mati	9:21:05	48	Mati	9:24:55	47,8	Mati
9:17:25	48,3	Mati	9:21:10	47,9	Mati	9:25:00	47,6	Mati
9:17:30	48,3	Mati	9:21:15	48	Mati	9:25:05	47,7	Mati
9:17:35	48,3	Mati	9:21:20	48	Mati	9:25:10	47,6	Mati
9:17:40	48,3	Mati	9:21:25	48	Mati	9:25:15	47,6	Mati
9:17:45	48,3	Mati	9:21:30	48	Mati	9:25:20	47,7	Mati
9:17:50	48,3	Mati	9:21:35	47,9	Mati	9:25:25	47,6	Mati
9:17:55	48,3	Mati	9:21:40	48	Mati	9:25:30	47,7	Mati
9:18:00	48,3	Mati	9:21:45	47,9	Mati	9:25:35	47,6	Mati
9:18:05	48,2	Mati	9:21:50	48	Mati	9:25:40	47,6	Mati
9:18:10	48,3	Mati	9:21:55	48	Mati	9:25:45	47,6	Mati
9:18:15	48,3	Mati	9:22:00	47,9	Mati	9:25:50	47,6	Mati
9:18:20	48,2	Mati	9:22:05	47,9	Mati	9:25:55	47,7	Mati
9:18:25	48,2	Mati	9:22:10	47,9	Mati	9:26:00	47,5	Mati
9:18:30	48,1	Mati	9:22:15	47,8	Mati	9:26:05	47,5	Mati
9:18:35	48,2	Mati	9:22:20	47,9	Mati	9:26:10	47,6	Mati
9:18:40	48,2	Mati	9:22:25	47,9	Mati	9:26:15	47,5	Mati
9:18:45	48,2	Mati	9:22:30	47,8	Mati	9:26:20	47,5	Mati
9:18:50	48,2	Mati	9:22:35	47,9	Mati	9:26:25	47,5	Mati
9:18:55	48,1	Mati	9:22:40	47,8	Mati	9:26:30	47,5	Mati
9:19:00	48,1	Mati	9:22:45	47,9	Mati	9:26:35	47,6	Mati

9:19:05	48	Mati	9:22:50	47,8	Mati	9:26:40	47,5	Mati
9:19:10	48,1	Mati	9:22:55	47,9	Mati	9:26:45	47,5	Mati
9:19:15	48,1	Mati	9:23:00	47,8	Mati	9:26:50	47,5	Mati
9:19:20	48,1	Mati	9:23:05	47,9	Mati	9:26:55	47,4	Mati
9:19:25	48,2	Mati	9:23:10	47,8	Mati	9:27:00	47,5	Mati
9:19:30	48,1	Mati	9:23:15	47,8	Mati	9:27:05	47,5	Mati
9:19:35	48	Mati	9:23:20	47,8	Mati	9:27:10	47,4	Mati
			9:23:25	47,8	Mati	9:27:15	47,5	Mati
9:27:20	47,4	Mati	9:31:10	47	Mati	9:35:00	46,5	Mati
9:27:25	47,4	Mati	9:31:15	47	Mati	9:35:05	46,4	Mati
9:27:30	47,4	Mati	9:31:20	47	Mati	9:35:10	46,5	Mati
9:27:35	47,4	Mati	9:31:25	47	Mati	9:35:15	46,4	Mati
9:27:40	47,4	Mati	9:31:30	46,9	Mati	9:35:20	46,3	Mati
9:27:45	47,3	Mati	9:31:35	47	Mati	9:35:25	46,3	Mati
9:27:50	47,3	Mati	9:31:40	46,8	Mati	9:35:30	46,4	Mati
9:27:55	47,3	Mati	9:31:45	46,9	Mati	9:35:35	46,3	Mati
9:28:00	47,3	Mati	9:31:50	46,9	Mati	9:35:40	46,3	Mati
9:28:05	47,3	Mati	9:31:55	46,8	Mati	9:35:45	46,2	Mati
9:28:10	47,3	Mati	9:32:00	46,8	Mati	9:35:50	46,2	Mati
9:28:15	47,3	Mati	9:32:05	46,8	Mati	9:35:55	46,5	Mati
9:28:20	47,3	Mati	9:32:10	46,9	Mati	9:36:00	46,7	Mati
9:28:25	47,4	Mati	9:32:15	46,8	Mati	9:36:05	46,7	Mati
9:28:30	47,4	Mati	9:32:20	46,8	Mati	9:36:10	46,8	Mati
9:28:35	47,3	Mati	9:32:25	46,8	Mati	9:36:15	46,9	Mati
9:28:40	47,3	Mati	9:32:30	46,8	Mati	9:36:20	46,8	Mati
9:28:45	47,3	Mati	9:32:35	46,8	Mati	9:36:25	46,7	Mati
9:28:50	47,2	Mati	9:32:40	46,8	Mati	9:36:30	46,6	Mati
9:28:55	47,2	Mati	9:32:45	46,7	Mati	9:36:35	46,7	Mati
9:29:00	47,2	Mati	9:32:50	46,7	Mati	9:36:40	46,7	Mati
9:29:05	47,2	Mati	9:32:55	46,8	Mati	9:36:45	46,9	Mati
9:29:10	47,1	Mati	9:33:00	46,8	Mati	9:36:50	46,7	Mati
9:29:15	47,1	Mati	9:33:05	46,9	Mati	9:36:55	46,6	Mati
9:29:20	47,1	Mati	9:33:10	47	Mati	9:37:00	46,5	Mati
9:29:25	47,1	Mati	9:33:15	47,1	Mati	9:37:05	46,5	Mati
9:29:30	47,1	Mati	9:33:20	46,9	Mati	9:37:10	46,5	Mati
9:29:35	47,1	Mati	9:33:25	46,9	Mati	9:37:15	46,6	Mati
9:29:40	47	Mati	9:33:30	47	Mati	9:37:20	46,8	Mati
9:29:45	47,2	Mati	9:33:35	46,9	Mati	9:37:25	46,6	Mati
9:29:50	47,1	Mati	9:33:40	46,9	Mati	9:37:30	46,5	Mati
9:29:55	47,2	Mati	9:33:45	46,9	Mati	9:37:35	46,5	Mati
9:30:00	47,1	Mati	9:33:50	46,9	Mati	9:37:40	46,5	Mati
9:30:05	47,1	Mati	9:33:55	46,8	Mati	9:37:45	46,5	Mati



9:30:10	47,1	Mati	9:34:00	46,9	Mati	9:37:50	46,5	Mati
9:30:15	47,1	Mati	9:34:05	46,9	Mati	9:37:55	46,6	Mati
9:30:20	47,2	Mati	9:34:10	46,8	Mati	9:38:00	46,6	Mati
9:30:25	47,1	Mati	9:34:15	46,7	Mati	9:38:05	46,5	Mati
9:30:30	47,1	Mati	9:34:20	46,7	Mati	9:38:10	46,5	Mati
9:30:35	47,1	Mati	9:34:25	46,7	Mati	9:38:15	46,5	Mati
9:30:40	47,1	Mati	9:34:30	46,7	Mati	9:38:20	46,5	Mati
9:30:45	47,2	Mati	9:34:35	46,6	Mati	9:38:25	46,4	Mati
9:30:50	47,1	Mati	9:34:40	46,6	Mati	9:38:30	46,5	Mati
9:30:55	47,1	Mati	9:34:45	46,5	Mati	9:38:35	46,6	Mati
9:31:00	47,1	Mati	9:34:50	46,5	Mati	9:38:40	46,6	Mati
9:31:05	47	Mati	9:34:55	46,5	Mati	9:38:45	46,4	Mati
9:38:50	46,4	Mati	9:42:40	46,5	Mati	9:46:30	46,3	Hidup
9:38:55	46,5	Mati	9:42:45	46,6	Mati	9:46:35	46,3	Hidup
9:39:00	46,5	Mati	9:42:50	46,5	Mati	9:46:40	46,3	Hidup
9:39:05	46,4	Mati	9:42:55	46,6	Mati	9:46:45	46,2	Hidup
9:39:10	46,4	Mati	9:43:00	46,6	Mati	9:46:50	46,3	Hidup
9:39:15	46,4	Mati	9:43:05	46,5	Mati	9:46:55	46,4	Hidup
9:39:20	46,2	Mati	9:43:10	46,6	Mati	9:47:00	46,3	Hidup
9:39:25	46,3	Mati	9:43:15	46,6	Mati	9:47:05	46,3	Hidup
9:39:30	46,2	Mati	9:43:20	46,6	Mati	9:47:10	46,3	Hidup
9:39:35	46,1	Mati	9:43:25	46,7	Mati	9:47:15	46,3	Hidup
9:39:40	46,2	Mati	9:43:30	46,7	Mati	9:47:20	46,2	Hidup
9:39:45	46,2	Mati	9:43:35	46,7	Mati	9:47:25	46,2	Hidup
9:39:50	46,3	Mati	9:43:40	46,6	Mati	9:47:30	47,5	Hidup
9:39:55	46,4	Mati	9:43:45	46,5	Mati	9:47:35	47,3	Hidup
9:40:00	46,4	Mati	9:43:50	46,6	Mati	9:47:40	47,5	Hidup
9:40:05	46,3	Mati	9:43:55	46,5	Mati	9:47:45	47,5	Hidup
9:40:10	46,2	Mati	9:44:00	46,6	Mati	9:47:50	47,5	Hidup
9:40:15	46,2	Mati	9:44:05	46,4	Mati	9:47:55	47,5	Hidup
9:40:20	46,2	Mati	9:44:10	46,3	Mati	9:48:00	48	Hidup
9:40:25	46,1	Mati	9:44:15	46,3	Mati	9:48:05	48,2	Hidup
9:40:30	46,3	Mati	9:44:20	46,4	Mati	9:48:10	48,8	Hidup
9:40:35	46,3	Mati	9:44:25	46,3	Mati	9:48:15	49,5	Hidup
9:40:40	46,4	Mati	9:44:30	46,3	Mati	9:48:20	49,9	Hidup
9:40:45	46,5	Mati	9:44:35	46,2	Mati	9:48:25	50,1	Hidup
9:40:50	46,5	Mati	9:44:40	46,3	Mati	9:48:30	50,2	Hidup
9:40:55	46,5	Mati	9:44:45	46,2	Mati	9:48:35	50,2	Hidup
9:41:00	46,5	Mati	9:44:50	46,2	Mati	9:48:40	50,6	Hidup
9:41:05	46,5	Mati	9:44:55	46,1	Mati	9:48:45	50,6	Hidup
9:41:10	46,5	Mati	9:45:00	46,2	Mati	9:48:50	50,8	Hidup
9:41:15	46,5	Mati	9:45:05	46,2	Mati	9:48:55	51,2	Mati

9:41:20	46,7	Mati	9:45:10	46,2	Mati	9:49:00	51	Mati
9:41:25	46,5	Mati	9:45:15	46,1	Mati	9:49:05	50,5	Mati
9:41:30	46,6	Mati	9:45:20	46	Mati	9:49:10	50,3	Mati
9:41:35	46,5	Mati	9:45:25	45,9	Hidup	9:49:15	50,3	Mati
9:41:40	46,5	Mati	9:45:30	46,3	Hidup	9:49:20	50,3	Mati
9:41:45	46,5	Mati	9:45:35	46,3	Hidup	9:49:25	50,2	Mati
9:41:50	46,6	Mati	9:45:40	46,3	Hidup	9:49:30	50,2	Mati
9:41:55	46,4	Mati	9:45:45	46,3	Hidup	9:49:35	50,1	Mati
9:42:00	46,3	Mati	9:45:50	46,2	Hidup	9:49:40	49,9	Mati
9:42:05	46,4	Mati	9:45:55	46,2	Hidup	9:49:45	50,1	Mati
9:42:10	46,5	Mati	9:46:00	46,2	Hidup	9:49:50	49,9	Mati
9:42:15	46,5	Mati	9:46:05	46,3	Hidup	9:49:55	50	Mati
9:42:20	46,6	Mati	9:46:10	46,3	Hidup	9:50:00	50,1	Mati
9:42:25	46,6	Mati	9:46:15	46,4	Hidup	9:50:05	50	Mati
9:42:30	46,5	Mati	9:46:20	46,3	Hidup	9:50:10	50	Mati
9:42:35	46,6	Mati	9:46:25	46,2	Hidup	9:50:15	49,8	Mati

