



**PENGUKURAN PERUBAHAN KELEMBABAN TANAH DI
DAERAH PERAKARAN TANAMAN MENGGUNAKAN
SOIL MOISTURE SENSOR YL 69 BERBASIS
ARDUINO MEGA 2560**

SKRIPSI

Oleh

MUHAMMAD LUKMAN HIDAYAH

NIM 131810201050

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2018



**PENGUKURAN PERUBAHAN KELEMBABAN TANAH DI
DAERAH PERAKARAN TANAMAN MENGGUNAKAN
SOIL MOISTURE SENSOR YL 69 BERBASIS
ARDUINO MEGA 2560**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapitugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Studi pada Program Studi Fisika (S1)
dan menyelesaikan gelar Sarjana Sains

Oleh

MUHAMMAD LUKMAN HIDAYAH

NIM 131810201050

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2018

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan teruntuk:

1. Kedua orang tua tercinta, Ibu Sunarsih dan Bapak Sahawi yang telah memberikan dukungan penuh berupa doa, kasih sayang, pengorbanan dan sebagainya yang tidak mampu terhitung semua untuk kesuksesan dan kebahagiaan anak-anaknya. Semoga mereka selalu mendapat rahmat dan ridho dari Allah SWT.
2. Keluarga besar yang telah memberikan dukungan, doa dan bantuannya dalam keberhasilan studi ini.
3. Semua guru dan dosen yang telah memberikan ilmu dan tuntunan serta teladan kepada penulis.
4. Sahabat dan teman-teman yang selalu memberikan dukungan dan semangat.
5. Almamater Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

MOTTO

“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, silih bergantinya malam dan siang, bahtera yang berlayar di laut membawa apa yang berguna bagi manusia, dan apa yang Allah turunkan dari langit berupa air, lalu dengan air itu Dia hidupkan bumi sesudah mati (kering)-nya dan Dia sebarkan di bumi itu segala jenis hewan, dan pengisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi; sungguh (terdapat) tanda-tanda (keesaan dan kebesaran Allah) bagi kaum yang memikirkan” (QS al Baqarah: 164)¹

¹ Departemen Agama Republik Indonesia. 2016. *Alqur'an dan Terjemahannya Mushaf Al-Rasyid*. Jakarta : Maktabah Al-Fatih Rasyid Media.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Lukman Hidayah

NIM : 131810201050

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul : *“Pengukuran Perubahan Kelembaban Tanah di sekitar Daerah Perakaran Tanaman Menggunakan Soil Moisture Sensor YL 69 Berbasis Arduino Mega 2560”* adalah benar-benar hasil karya ilmiah sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

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

Jember, 31 Juli 2018

Yang menyatakan

M. Lukman Hidayah

NIM 131810201050

SKRIPSI

**PENGUKURAN PERUBAHAN KELEMBABAN TANAH DI
DAERAH PERAKARAN TANAMAN MENGGUNAKAN
SOIL MOISTURE SENSOR YL 69 BERBASIS
ARDUINO MEGA 2560**

Oleh :

Muhammad Lukman Hidayah
131810201050

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi, M.Sc, Ph.D
Dosen Pembimbing Anggota : Dra. Arry Yuariatun Nurhayati, M.Si

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengukuran Perubahan Kelembaban Tanah di sekitar Daerah Perakaran Tanaman Menggunakan *Soil Moisture Sensor* YL 69 Berbasis Arduino Mega 2560” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember

Tim Penguji

Ketua

Anggota I

Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi M.Sc., Ph.D
NIP. 196203111987021001

Dra. Arry Yuariatun Nurhayati M.Si
NIP. 196109091986012001

Anggota II

Anggota III

Ir. Misto M.Si
NIP. 195911211991031002

Wenny Maulina S.Si., M.Si
NIP. 198711042014042001

Mengesahkan
Dekan,

Drs. Sujito Ph.D
NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

Pengukuran Perubahan Kelembaban Tanah di sekitar Daerah Perakaran Tanaman Menggunakan *Soil Moisture Sensor YL 69* Berbasis Arduino Mega 2560; Muhammad Lukman Hidayah,131810201050; 2018; 60 Halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang baik harus didukung oleh kadar air tanah yang optimum. Kelebihan maupun kekurangan air tanah dapat mengganggu proses-proses metabolisme dalam tubuh tanaman. Salah satu cara untuk mengetahui air yang dibutuhkan tanaman sesuai dengan kebutuhannya, dapat dilihat dari kelembaban tanahnya. Kelembaban tanah merupakan salah satu sifat fisik dari tanah yang menunjukkan kadar air yang tersimpan dalam pori-pori tanah. Kelembaban tanah yang berada di dekat permukaan bersifat dinamis. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh dari keadaan atmosfer seperti perubahan suhu, intensitas cahaya, kelembaban udara dan sebagainya. Sedangkan kelembaban dibawah permukaan tanah akan lebih lama perubahan kadar air tanahnya. Mengetahui keadaan ketersediaan dan distribusi kelembaban tanah dalam zona akar dapat menentukan pertumbuhan tanaman dan hasil panen. Aplikasi dari sensor kelembaban tanah mampu menghemat air hingga 50% yang digunakan untuk menyiram tanaman.

Penelitian dilaksanakan di *glasshouse* Biofisika, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Jember. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui profil kelembaban tanah di sekitar perakaran tanaman serta untuk mengetahui hubungan kelembaban tanah sekitar perakaran berdasarkan titik pengukuran menggunakan *soil moisture sensor YL 69* berbasis Arduino Mega 2560. Metode pengukuran dalam penelitian ini adalah dengan memvariasi titik pengukuran atau titik penempatan sensor ke media tanam. Variasi titik pengukuran yaitu pengukuran kelembaban tanah di kedalaman 4 cm dan 8 cm yang disusun mengelilingi tanaman sehingga grafik yang diperoleh membentuk pola radial atau melingkar.

Berdasarkan hasil dan analisa penelitian dapat diketahui alat yang telah didesain mampu mengukur perubahan tanah. Grafik yang dihasilkan membentuk pola melingkar yang tidak beraturan. Hasil tersebut dikarenakan pola sebaran akar

tomat mawar yang menyebar ke segala arah dengan jenis akar adalah serabut dan tunggang. Sehingga nilai kelembaban tanah yang diperoleh terdapat 2 perubahan yaitu semakin mengecil dan ada juga yang semakin membesar. Perubahan yang semakin membesar dikarenakan adanya kemungkinan bahwa di sekitar sensor terdapat akar tanaman sehingga air tanah bergerak menuju akar. Sedangkan perubahan yang semakin menurun dikarenakan adanya serapan oleh akar tanah. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa profil kelembaban tanah di sekitar perakaran tanaman dari hasil pengukuran *soil moisture sensor* YL 69 berbasis Arduino Mega 2560 yang didesain menunjukkan bahwa kelembaban tanah di sekitar perakaran mengalami perubahan nilai terhadap waktu. Perubahan kelembaban tanah yang terbaca oleh sensor YL 69 menunjukkan kecenderungan mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan adanya air tanah yang diserap oleh akar-akar tanaman.

Kelembaban tanah di sekitar perakaran tanaman memberikan nilai yang berbeda pada titik-titik pengukuran yang berbeda. Kelembaban tanah pada daerah permukaan dengan kedalaman penancapan sensor 4 cm menunjukkan nilai yang lebih kecil dengan rentang nilai berkisar antara 37.25% - 63.50% dibandingkan kelembaban tanah di kedalaman 8 cm berkisar antara 62.50% - 85.75%. Hasil ini menunjukkan adanya hubungan antara kelembaban tanah dan posisi titik pengukuran yang didapat dari *soil moisture sensor* YL 69 berbasis Arduino Mega 2560.

PRAKATA

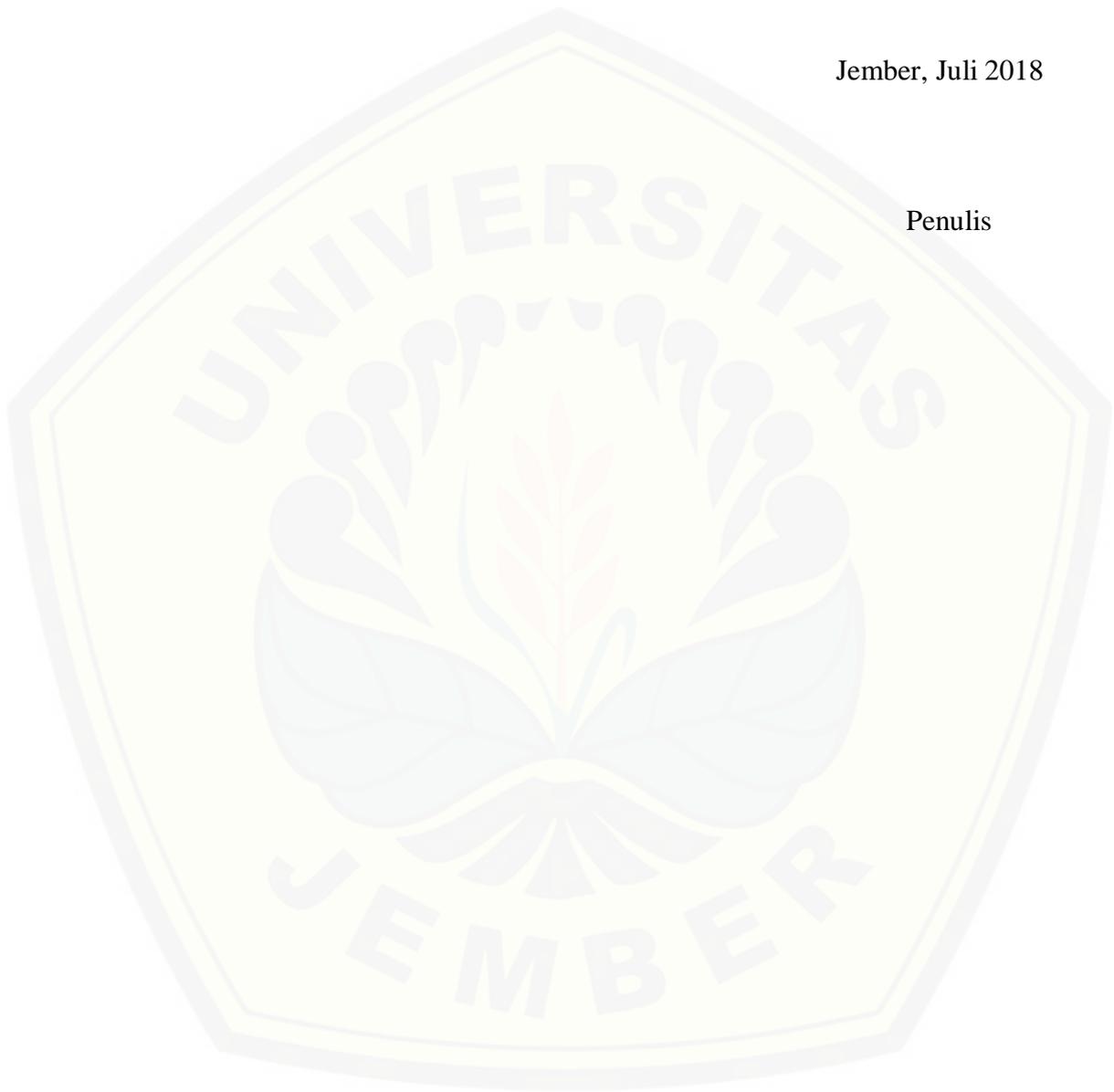
Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengukuran Perubahan Kelembaban Tanah di sekitar Daerah Perakaran Tanaman Menggunakan *Soil Moisture Sensor* YL 69 Berbasis Arduino Mega 2560”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Studi (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Penyusunan karya tulis ini telah mendapatkan bimbingan dan pengarahan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi, M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dra. Arry Yuariatun Nurhayati, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah membantu dan meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam membantu penulisan skripsi ini;
2. Ir. Misto M.Si., selaku Dosen Penguji I dan Wenny Maulina S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah banyak memberikan masukan yang membangun dalam keberhasilan penulisan skripsi ini;
3. Dr. Artoto Arkundanto S.Si., M.Si, selaku Dosen Pembimbing Akademik beserta seluruh dosen Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan bimbingannya selama perkuliahan;
4. Seluruh staf di lingkungan FMIPA Universitas Jember yang telah memberikan dukungan serta bantuan demi kelancaran skripsi ini;
5. Keluarga besar angkatan 2013 Jurusan Fisika yang telah memberikan doa, dukungan dan motivasi;
6. Tim Biofisika, mas Rozak, Mawar, Retno, Nia, dan Reli yang selalu memberikan dukungan dan motivasi serta menghibur;
7. Linda Susilowati, A. Imam Qulyubi, Jamaluddin, Moh. Subhan, A. Fauzi, Sigit P, Moh. David, Heru yang telah membantu dalam penelitian;
8. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu dalam kesempatan ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis menerima segala kritik dan saran dari pembaca sekalian. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Jember, Juli 2018

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Hubungan Air Terhadap Tanaman	6
2.1.1 Fungsi Air Bagi Tanaman	6
2.1.2 Pengaruh Kekurangan Air	6
2.1.3 Pengaruh Kadar Air Tanah Berlebih	7
2.2 Fungsi Tanah Bagi Tanaman	7
2.3 Kelembaban Tanah	8
2.3.1 Definisi Kelembaban Tanah	8
2.3.2 Hubungan Kelembaban Tanah dengan Potensial Air	9
2.3.3 Hubungan Kelembaban Tanah dengan Akar	11

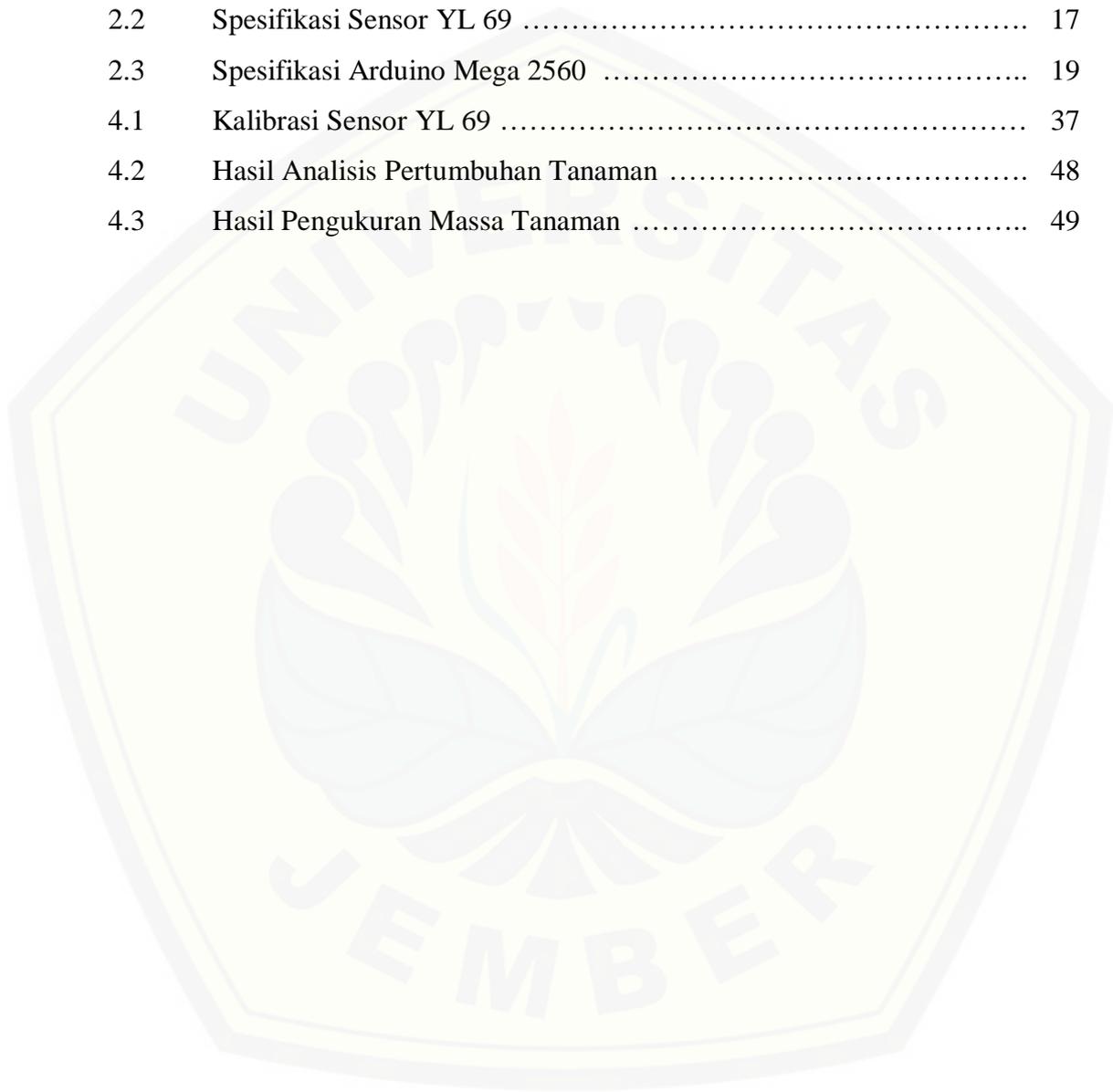
2.3.4 Hubungan Kelembaban Tanah dengan Tekstur Tanah	12
2.4 Standar Pengukuran Kelembaban Tanah	13
2.5 Sensor Kelembaban Tanah	14
2.5.1 Definisi Sensor Kelembaban Tanah	14
2.6 Soil moisture sensor YL 69	15
2.6.1 Definisi <i>Soil moisture sensor</i> YL 69	15
2.6.2 Spesifikasi <i>Soil moisture sensor</i> YL 69	17
2.6.3 Prinsip Kerja <i>Soil Moisture Sensor</i> YL 69	17
2.7 Arduino Mega 2560	18
BAB 3. METODE PERCOBAAN	21
3.1 Rancangan Kegiatan Penelitian	21
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.3 Jenis dan Sumber Data Penelitian	21
3.3.1 Jenis Penelitian	21
3.3.2 Sumber Data Penelitian	22
3.4 Variabel Penelitian	22
3.5 Tahapan Penelitian	23
3.5.1 Tahap Persiapan	24
3.5.2 Tahap Perancangan	24
3.5.3 Tahap Pengujian	26
3.5.4 Tahap Pengambilan Data	27
3.6 Analisis Data	34
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Hasil dan Analisis Data	35
4.1.1 Hasil Desain dan Kalibrasi Alat	35
4.1.2 Hasil dan Analisis Pengukuran Kelembaban Tanah dari Sensor yang Didesain	38
4.1.3 Analisis Pertumbuhan Tanaman	48
4.2 Pembahasan	50
BAB 5. PENUTUP	55
5.1 Kesimpulan	55

5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	59



DAFTAR TABEL

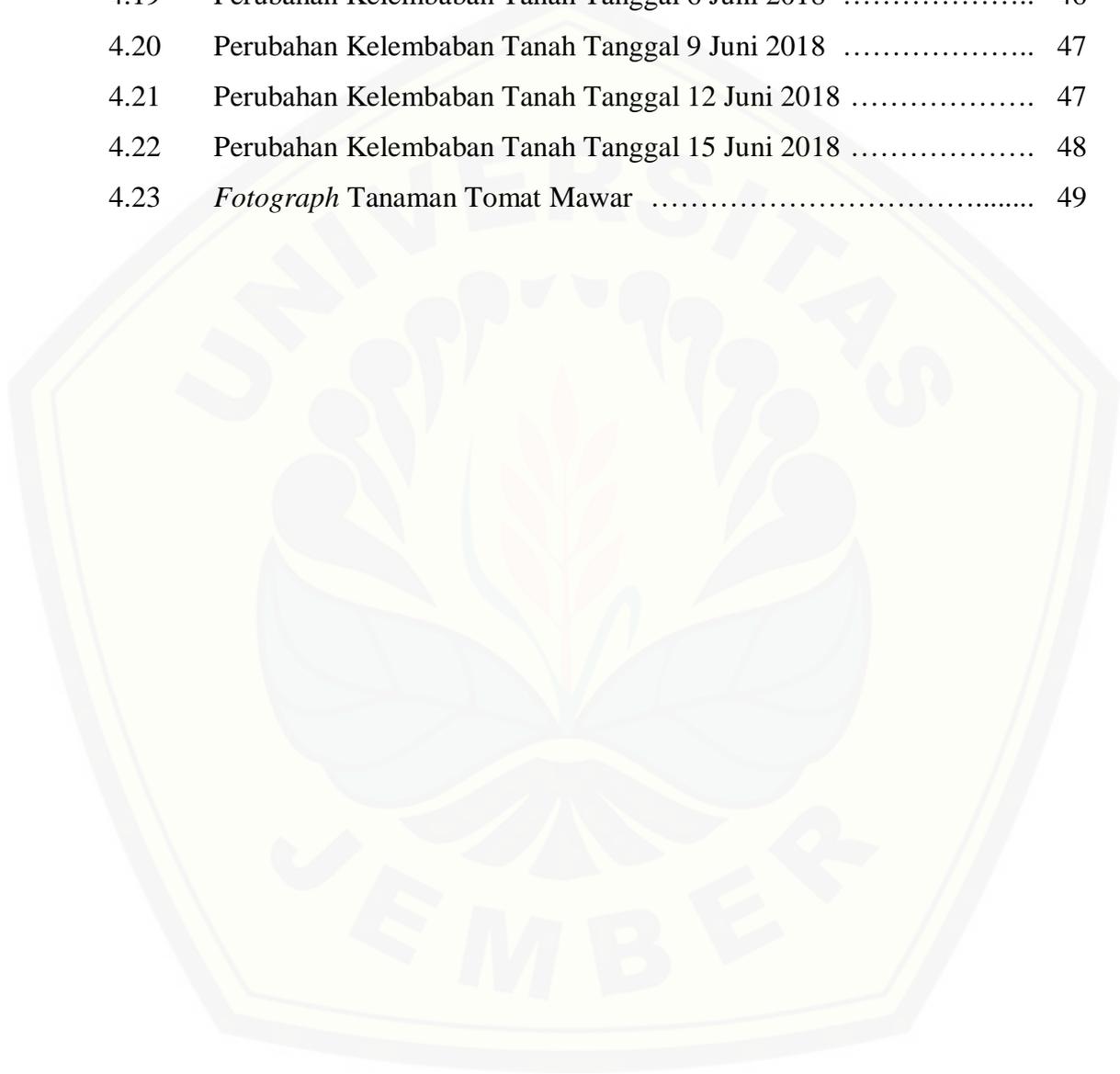
	Halaman
2.1 Kadar Air Berdasarkan Jenis Tanah	13
2.2 Spesifikasi Sensor YL 69	17
2.3 Spesifikasi Arduino Mega 2560	19
4.1 Kalibrasi Sensor YL 69	37
4.2 Hasil Analisis Pertumbuhan Tanaman	48
4.3 Hasil Pengukuran Massa Tanaman	49



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1	Sensor Kelembaban YL 69 16
2.2	a. Ilustrasi Pengukuran Kelembaban Tanah. b. Ilustrasi Prinsip Kerja Sensor Kelembaban Tanah 18
2.3	Skema Arduino Mega 2560 19
3.1	Diagram Alir Penelitian 23
3.2	Diagram Blok Sistem Pengukuran Kelembaban Tanah 24
3.3	Diagram Alat Pengukur Kelembaban Tanah 25
3.4	Alat-Alat Penelitian 26
3.5	Bibit Tanaman Tomat Mawar 27
3.6	Susunan Pengukuran Kelembaban Tanah pada Tanaman 29
3.7	Desain Pengambilan Data Kelembaban Tanah 30
3.8	Pengukuran Berdasarkan Kedalaman 31
3.9	Pengukuran Kelembaban Udara, Suhu Udara dan Suhu Tanah 32
3.10	<i>Fotograph</i> Pertumbuhan Tanaman..... 33
4.1	Desain Alat Pengukur Kelembaban Tanah 35
4.2	Pengaplikasian Alat Pengukur Kelembaban Tanah pada Tanaman 36
4.3	Perubahan Kelembaban Tanah Tanggal 18 Mei 2018 38
4.4	Perubahan Kelembaban Tanah Tanggal 21 Mei 2018 39
4.5	Perubahan Kelembaban Tanah Tanggal 24 Mei 2018 39
4.6	Perubahan Kelembaban Tanah Tanggal 27 Mei 2018 40
4.7	Perubahan Kelembaban Tanah Tanggal 30 Mei 2018 40
4.8	Perubahan Kelembaban Tanah Tanggal 2 Juni 2018 41
4.9	Perubahan Kelembaban Tanah Tanggal 5 Juni 2018 41
4.10	Perubahan Kelembaban Tanah Tanggal 8 Juni 2018 42
4.11	Perubahan Kelembaban Tanah Tanggal 11 Juni 2018 42
4.12	Perubahan Kelembaban Tanah Tanggal 14 Juni 2018 43
4.13	Perubahan Kelembaban Tanah Tanggal 19 Mei 2018 43
4.14	Perubahan Kelembaban Tanah Tanggal 22 Mei 2018 44

4.15	Perubahan Kelembaban Tanah Tanggal 25 Mei 2018	44
4.16	Perubahan Kelembaban Tanah Tanggal 28 Mei 2018	45
4.17	Perubahan Kelembaban Tanah Tanggal 31 Mei 2018	45
4.18	Perubahan Kelembaban Tanah Tanggal 3 Juni 2018	46
4.19	Perubahan Kelembaban Tanah Tanggal 6 Juni 2018	46
4.20	Perubahan Kelembaban Tanah Tanggal 9 Juni 2018	47
4.21	Perubahan Kelembaban Tanah Tanggal 12 Juni 2018	47
4.22	Perubahan Kelembaban Tanah Tanggal 15 Juni 2018	48
4.23	<i>Fotograph</i> Tanaman Tomat Mawar	49



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan yang paling utama bagi seluruh makhluk hidup. Air merupakan komponen terpenting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang berfungsi sebagai bahan utama proses fotosintesis, metabolisme tanaman, pelarut zat kimia, media transport unsur hara, mengatur tekanan turgor dan sebagainya (Griffin *et al.*, 2004). Pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang baik harus didukung oleh kadar air yang optimum. *Water stress* (kelebihan maupun kekurangan) dapat berakibat buruk karena akan mengganggu proses-proses metabolisme dalam tubuh tanaman.

Kadar air tanah tidak sesuai dengan kebutuhan air bagi tanaman, maka dapat mempengaruhi faktor fisiologi, morfologi, dan produktivitas dari tanaman. Pengaruh-pengaruh tersebut merupakan salah satu bentuk respon tanaman ketika mengalami kekurangan atau kelebihan kadar air. Ketersediaan air juga mempengaruhi pertumbuhan tanaman karena tekanan air di dalam sel tanaman menghasilkan energi yang digunakan untuk pembesaran sel. Kualitas dan kuantitas pertumbuhan bergantung pada kadar air yang dibutuhkan oleh tanaman (Farooq *et al.*, 2009). Jika ingin mendapatkan hasil produktivitas tanaman yang maksimal dan mengurangi penggunaan air yang sia-sia, maka pemberian air pada lahan serta tanaman tidak boleh kurang ataupun lebih. Hal ini dikarenakan pemberian air yang kurang atau lebih pada tanaman dapat menyebabkan kering atau busuk. Salah satu cara untuk mengetahui air yang dibutuhkan tanaman sesuai dengan kebutuhannya, dapat dilihat dari kelembaban tanahnya.

Musim kemarau menyebabkan ketersediaan air tanah semakin langka untuk digunakan pada lahan. Hal ini dikarenakan kadar air tanah daerah perakaran sangat sedikit sedangkan laju evaporasi serta transpirasi yang tinggi dari laju absorpsi air oleh tanaman sehingga akan menyebabkan tanaman menjadi layu (Oukarroum *et al.*, 2007). Tanaman tumbuh lebih lambat saat kekurangan pasokan air. Jika lingkungan menjadi terlalu kering, tekanan sel tumbuhan bisa menjadi

sangat rendah dan tanaman itu layu. Pembudidayaan tanaman dibutuhkan suatu penyiraman yang konstan untuk menjaga kelembaban tanah dan suhu tanah. Penggunaan air secara efisien bertujuan untuk memenuhi kebutuhan tanaman tanpa mengaplikasikan kelebihan atau kekurangan air. Irigasi yang berlebihan meningkatkan biaya produksi dari biaya pemompaan tambahan dan pupuk yang hilang. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang berfungsi untuk mengukur kelembaban tanah sehingga dapat diamati perubahan nilai kelembaban tanah tanaman.

Sensor kelembaban tanah dapat mengukur kelembaban tanah di daerah zona akar dan dapat diaplikasikan untuk pengaturan jadwal penyiraman pada tanaman. Pengukuran kelembaban tanah di zona akar akan lebih efektif dalam meminimalkan pengairan saat tanaman tidak membutuhkan air tambahan. Sedangkan penyiraman tanaman secara manual tidak dapat mengefisiensi waktu dan tenaga. Penyiraman pada tanaman tanpa mengetahui kebutuhan air bagi tanaman akan berdampak kematian pada tanaman itu sendiri sehingga berpotensi kerugian pada petani tanaman. Data-data yang dihasilkan oleh sensor dapat disesuaikan pengaturan kelembaban tanah berdasarkan spesies tanaman, tipe tanah, dan curah hujan musiman. Aplikasi dari sensor kelembaban tanah ini dapat menghemat air hingga 50% yang digunakan untuk menyiram tanaman. Penghematan air telah diukur antara 5% sampai 80% dibandingkan dengan sistem irigasi berbasis timer biasa. Penggunaan sensor hujan mengurangi 34% penggunaan air (Clark, 2008). Sistem pemantauan kelembaban tanah atau kadar air tanah yang umum diterapkan terdapat enam jenis yaitu blok gravimetrik, porous, probe neutron, sensor dielektrik, tensiometer, dan disipasi panas. Sistem ini memberikan pengukuran tidak langsung (mengukur properti air tanah dan kemudian mengkalibrasi dengan air tanah) dari air tanah kecuali untuk metode gravimetrik (Maughan, 2015).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Bachri dan Santoso (2017), yang berjudul *Prototype Penyiraman Tanaman Otomatis dengan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Atmega 328* menjelaskan tentang perancangan alat kontrol otomatis yang menggunakan sensor YL 69, sensor suhu LM35, dan

Ultrasonic HC SR04. Output dari penelitian tersebut berupa kontrol on/off pada *water pump* serta tampilan LCD. Sensor YL 69 berfungsi sebagai sensor kelembaban tanah, dan sensor suhu LM35 berfungsi untuk mengukur suhu lingkungan sekitar tanaman. Sedangkan *Ultrasonic* HC SR04 berfungsi untuk mengukur level ketinggian air pada penampungan air yang digunakan sebagai penyiraman.

Penelitian yang dilakukan oleh Mthandi (2013), yang berjudul redistribusi kelembaban tanah pada akar jagung (*Zea mays* L.) di bawah aplikasi air yang berbeda. Penelitian ini menjelaskan pengukuran kelembaban tanah akar jagung menggunakan sensor Triscan. Sensor Triscan digunakan untuk mengukur kadar air volumetrik pada titik vertikal dan lateral yang berbeda. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa tingkat kehilangan kelembaban tanah bergantung pada jumlah air yang ada di dalam tanah.

Penelitian ini dilakukan pengukuran kelembaban tanah di sekitar daerah perakaran tanaman dengan menggunakan *soil moisture sensor* YL 69 berbasis Arduino Mega 2560. Penggunaan sensor tersebut dikarenakan kemampuan sensor yang dapat mengukur kelembaban dari rendah sampai tinggi serta sensor mudah diaplikasikan pada berbagai kondisi. Sensor tersebut relatif sederhana dengan mengaplikasikan konsep konduktivitas listrik dari air dan tanah. Data yang diperoleh dari hasil pengukuran ditampilkan pada layar laptop melalui *software* Arduino IDE. Pengukuran dilakukan analisa perbedaan perubahan kelembaban tanah dengan menancapkan beberapa sensor pada jarak tertentu dari batang tanaman. Lokasi penancapan sensor tersebut menjadi titik-titik pengukuran untuk mengetahui nilai kelembaban di setiap tempat. Titik-titik pengukuran tersebut dilakukan untuk mengetahui degradasi perubahan kelembaban tanah yang terjadi pada daerah perakaran sekitar berjarak 2/3 pusat wadah plastik. Selain itu pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran kelembaban tanah berdasarkan kedalamannya yaitu pada kedalaman 4 cm dan 8 cm dari permukaan pasir. Penelitian ini juga membandingkan hasil kelembaban tanah yang diperoleh dengan data pendukung seperti massa uap air, suhu tanah, suhu udara, kelembaban udara, dan variabel pertumbuhan tanaman. Hipotesisnya bahwa nilai

kelembaban tanah memberikan hasil berbeda berdasarkan lokasi pengukuran dan kedalamnya dikarenakan adanya penyerapan air oleh tanaman itu sendiri serta adanya pengaruh dari kondisi lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana profil kelembaban tanah di sekitar perakaran tanaman dari hasil pengukuran *soil moisture sensor* YL 69 berbasis Arduino Mega 2560?
2. Bagaimana hubungan kelembaban tanah disekitar perakaran tanaman berdasarkan titik pengukuran yang didapat dari *soil moisture sensor* YL 69 berbasis Arduino Mega 2560?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah

1. Pengukuran kelembaban tanah dalam wadah plastik berdiameter 20 cm dan tinggi 15 cm.
2. Media tanam yang digunakan adalah pasir.
3. Suhu lingkungan berada dalam rentang 27 °C - 35 °C.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan pada penelitian ini yaitu mahasiswa mampu mengetahui

1. Profil kelembaban tanah di sekitar perakaran tanaman menggunakan *Soil Moisture Sensor* YL 69 berbasis Arduino Mega 2560.
2. Hubungan kelembaban tanah sekitar perakaran tanaman berdasarkan titik pengukurannya.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat mengukur kelembaban tanah sekitar zona perakaran menggunakan *soil moisture sensor* berbasis Arduino Mega 2560. Mengetahui perubahan kelembaban tanah atau kadar air tanah yang terjadi akibat adanya serapan oleh akar tanaman. Sehingga dapat menggambarkan jumlah kadar

air tanah yang terserap oleh tanaman dalam setiap waktunya. Hal ini sangat membantu untuk mendapatkan kadar air yang optimal diberikan pada tanaman agar tumbuh dan berkembang dengan baik. Kadar air tanah harus sesuai dengan kebutuhan tanaman dikarenakan kebutuhan air masing-masing tanaman berbeda sehingga diperlukannya suatu alat pengukuran perubahan kelembaban tanah yang terjadi di sekitar zona perakarannya.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hubungan Air Terhadap Tanaman

2.1.1 Fungsi Air Bagi Tanaman

Air merupakan faktor penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Kebutuhan air pada tanaman berbeda-beda tergantung pada jenis tanamannya dan lingkungannya. Air juga merupakan salah satu komponen penyusun utama tanaman yang membentuk 70% - 90% dari berat segar tanaman tidak berkayu (Fitter dan Hay, 2002), 80% - 95% dari berat segar tanaman yang sedang tumbuh serta 50% dari berat segar tanaman berkayu (Kramer dan Boyer, 1995). Kebutuhan jumlah air pada tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis, umur tanaman, kadar air tanah, dan kondisi cuaca. Menurut Griffin *et al.*, (2004) fungsi air bagi tanaman antara lain sebagai:

- a. komponen unsur hara *essensial* tanaman
- b. pelarut, garam, dan zat terlarut lainnya yang bergerak keluar masuk sel
- c. pereaksi dalam fotosintesis berbagai proses hidrolisis
- d. air *essensial* untuk menjaga turgiditas diantaranya dalam pembesaran sel dan pembukaan stomata
- e. untuk proses reaksi metabolisme tumbuhan
- f. untuk membantu berlangsungnya respirasi

2.1.2 Pengaruh Kekurangan Air

Kekeringan merupakan faktor lingkungan berhubungan dengan rendahnya ketersediaan air tanah yang mampu mengganggu proses fisiologis maupun morfologis menjadi tidak normal sehingga dapat mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pengaruh kekurangan air tingkat vegetatif adalah berkembangnya daun-daun yang ukurannya lebih kecil, sehingga dapat mengurangi penyerapan cahaya. Ketersediaan air yang rendah (40% dan 60% kapasitas lapang) akan menurunkan tekanan turgor sel. Turgor sel yang rendah akan menurunkan kemampuan sel untuk membentang, sehingga akan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangannya (Solichatun, 2005). Ukuran

tersebut disebabkan karena perubahan tekanan turgor sel tanaman pada daun yang semakin mengecil. Penutupan atau penyempitan stomata yang tidak normal dapat menghambat proses fotosintesis, hal ini menyangkut transportasi air dalam tubuh tanaman dan menurunnya aliran karbondioksida pada daun. Kekurangan air dapat mengurangi sintesis klorofil dan mengurangi aktivitas beberapa enzim misalnya nitrat reduktase. Namun kekurangan air juga menimbulkan dampak positif bagi tanaman yaitu meningkatkan aktivitas enzim-enzim hidrolisis misalnya amilase (Gardner *et al.*, 1991).

2.1.3 Pengaruh Kadar Air Tanah Berlebih

Ketika air memenuhi pori-pori tanah, udara didesak keluar, difusi gas berkurang yang menyebabkan senyawa beracun terakumulasi akibat kondisi anaerobik. Hal ini menyebabkan tanaman merespon kondisi tersebut dengan resistansi stomata meningkat, fotosintesis dan konduktivitas hidrolik akar menurun. Pada saat air menggenangi tanah, ruang udara dipenuhi air, mengakibatkan terjadinya perubahan karakteristik beberapa fisika-kimia tanah. pH tanah umumnya cenderung meningkat menuju netral pada kondisi tergenang air. Peningkatan pH dapat dijelaskan oleh pelarutan karbonat dan bikarbonat di awal genangan (Lu *et al.*, 2004).

Salah satu efek utama genangan air adalah rendahnya keberadaan O₂ di bagian tanaman yang terendam, karena gas O₂ berdifusi 10.000 lebih cepat di udara dibandingkan di dalam air. Pengaruh terbatasnya O₂ pada metabolisme sel tergantung pada konsentrasinya dan penurunan ketersediaan O₂ secara gradual pada akar memiliki berbagai pengaruh pada metabolisme tanaman (Pezeshki, 2001). Semua perubahan ini sangat mempengaruhi kemampuan tanaman dalam bertahan hidup.

2.2 Fungsi Tanah Bagi Tanaman

Menurut Permana dan Pratama (2014), menyatakan bahwa tanah merupakan tempat tumbuh dan berkembangnya perakaran, penopang tanaman dan menyuplai kebutuhan air dan unsur zat hara lainnya. Tanah secara kimiawi berfungsi sebagai

sumber zat hara dan nutrisi yang meliputi senyawa organik dan anorganik sederhana serta unsur-unsur esensial seperti N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe, Mn, B, dan Cl. Secara biologi, tanah berfungsi sebagai habitat biota (organisme) yang berpartisipasi aktif dalam penyediaan zat hara tersebut dan juga zat-zat aditif (pemacu tumbuh, proteksi) bagi tanaman. Sehingga dapat disimpulkan bahwa fungsi utama tanah adalah:

- a. Tempat tumbuh dan berkembangnya perakaran tanaman.
- b. Penyedia kebutuhan primer tanaman (air, udara, dan unsur-unsur hara)
- c. Penyedia kebutuhan sekunder tanaman (zat-zat pemacu tumbuh, hormon, vitamin, asam-asam organik, antibiotik, toksin anti hama, dan enzim yang dapat meningkatkan ketersediaan hara)
- d. Sebagai habitat biota tanah, baik yang berdampak positif karena terlibat langsung atau tidak langsung dalam penyediaan kebutuhan primer dan sekunder tanaman tersebut.

2.3 Kelembaban Tanah

2.3.1 Definisi Kelembaban Tanah

Kemampuan tanah untuk menyimpan air menentukan spesies tanaman yang mampu tumbuh dan berkembang di permukaan tanah. Kelembaban tanah merupakan salah satu sifat fisik tanah untuk mengetahui kemampuan menyerap air dan ketersediaan hara pada setiap jenis tanah. Sehingga kelembaban tanah dapat menunjukkan kadar air yang tersimpan di antara pori-pori tanah. Kelembaban tanah yang berada di dekat permukaan tanah dapat mempengaruhi proses seperti aktivitas mikroba, fluks panas permukaan dan pertukaran energi. Kelembaban tanah ini bersifat sangat dinamis, hal ini disebabkan oleh adanya penguapan melalui permukaan tanah, transpirasi dan sebagainya (Jamulya dan Suratman, 1993)

Menurut Tiffany *et al.*, (2015) menyatakan bahwa ada beberapa komponen dalam kelembaban tanah yaitu:

- a. *Saturation*: Pada kondisi saturasi semua ruang pada pori-pori tanah dipenuhi oleh air, tidak ada udara di dalamnya.

- b. *Field Capacity*: Kandungan air tanah tanpa ada pengaruh dari gravitasi.
- c. *Permanent Wilting Point*: Kandungan air tanah pada saat tanaman tidak memperoleh air dari tanah.
- d. *Available (Usable) Water*: Kandungan air tanah antara kapasitas lapangan dan titik layu permanen.
- e. *Allowable Depletion*: Bergantung pada jenis tanaman, tahap pertumbuhan tanaman, dan iklim. Penyebaran dapat berkisar antara 25% air bersih untuk tanaman pangan yang sangat peka terhadap perubahan kecil dalam tanah sampai lebih dari 50% tanaman air yang tersedia yang kurang peka terhadap tekanan air.
- f. *Dry Bulk Density*: Massa kering dari tanah dalam volume sampel berasal dari ekstraksi sampel lapang.
- g. *Soil Porosity*: Volume pori-pori tanah dibagi dengan volume total sampel tanah.

Menurut Jamulya dan Suratman (1993), menyatakan bahwa kelembaban tanah secara fisika diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu:

1. kelembaban tanah higroskopik, air yang berasal dari uap air di atmosfer akibat gaya tarik menarik dengan permukaan partikel tanah.
2. kelembaban tanah kapiler, terikat oleh gaya tegangan permukaan berupa selaput berkesinambungan di sekeliling partikel tanah dan di dalam ruang (pori) kapiler. Besar gaya ikat ini tergantung dari jumlah dan ruang kapiler yang dibedakan menjadi kapasitas maksimum kelembaban kapiler, titik kapiler lambat, kapasitas kapiler optimum (kapasitas air lapang).
3. kelembaban gravitasi, tidak terikat oleh tanah melainkan mengalir bebas bergantung gaya berat.

2.3.2 Hubungan Kelembaban Tanah dengan Potensial Air

Menurut Zachary dan Emily (2016), menyatakan bahwa kandungan air tanah berhubungan dengan potensial air tanah disebut air tanah tension yang artinya jumlah energi yang dibutuhkan untuk memindahkan (*extract*) air tanah. Perbedaan energi potensial air dari satu titik ke titik lain di dalam tanah dapat

mempengaruhi kecenderungan air mengalir di dalam tanah. Konsep ini penting untuk tanah yang tidak seragam (berlapis). Menurut Hariyati dan Murdiarso (2004) menyatakan bahwa total potensial air terdiri dari empat gaya yang bekerja pada air dijelaskan pada persamaan 2.1.

$$\psi_w = \psi_p + \psi_s + \psi_m + \psi_g \quad (2.1)$$

Keterangan : ψ_w = *Water Potential* (Pa)
 ψ_p = *Pressure Potential* (Pa)
 ψ_s = *Osmotic Potential* (Pa)
 ψ_m = *Matric Potential* (Pa)
 ψ_g = *Gravitational Potential* (Pa)

Potensial gravitasi disebabkan oleh gaya gravitasi yang menarik air dalam tanah. Penentuan potensial gravitasi tidak bergantung pada sifat tanah dan hanya bergantung pada jarak vertikal antara ketinggian air dan elevasi referensi.

Potensial matrik merupakan kemampuan tanah untuk menyerap air sehingga dapat dijadikan alternatif untuk mengkarakterisasi kadar air dalam pori tanah. Hal tersebut disebabkan oleh gaya yang diberikan pada air oleh tanah disebut juga ketegangan yang merupakan gabungan absorptif dan kapiler di dalam tanah. Potensial matrik selalu memiliki nilai negatif karena gaya yang cenderung menahan air di tempat, relatif terhadap air murni di permukaan tanpa adanya absorptif. Artinya, dibutuhkan energi untuk mengatasi gaya matrik dan memindahkan air dari satu lokasi ke lokasi lainnya (Hartmann, 2001). Potensial matrik yang kuat (sangat negatif) mengikat air ke partikel tanah di tanah yang sangat kering. Potensial matrik umumnya lebih kuat di tanah bertekstur lebih halus daripada di tanah kasar karena luas permukaan partikel yang lebih besar dan ukuran pori yang lebih kecil (Zachary dan Emily, 2016).

Potensial osmotik yang berhubungan dengan penurunan ketersediaan air tanah. Pengaruh langsung dari berkurangnya air tanah terhadap keadaan air tanaman adalah dengan menurunnya turgor pada sel penjaga dalam daun karena

potensial airnya menurun. Penurunan ψ_w ini mengakibatkan sel-sel secara osmotik melakukan adaptasi agar dapat mempertahankan ψ_p konstan, dengan cara meningkatkan konsentrasi larutan dalam sel atau menurunkan ψ_s (Mulkey dan Smith,1996).

Potensial tekanan disebabkan oleh gaya mekanik atau hidrostatik yang diberikan oleh air di dalam tanah. Potensial tekanan berlaku untuk tanah jenuh. Potensial tekanan adalah jarak vertikal antara permukaan air dan titik yang ditentukan. Potensial tekanan adalah nol di atas tingkat air dan positif di bawah permukaan air (Zachary dan Emily, 2016). Faktanya, kurangnya kelembaban tanah menginduksi pengurangan potensial air tanaman, menyebabkan kurangnya penyerapan air oleh akar, dehidrasi, kehilangan turgor, *xYLEm cavitation*, penutupan stomata, dan mempengaruhi proses fotosintesis. Kelembaban tanah bergantung pada evapotranspirasi, suhu, fotosintesis dan curah hujan yang bervariasi (Rodriguez *et al.*, 1997).

2.3.3 Hubungan Kelembaban Tanah dengan Akar

Secara umum, hasil statistik kelembaban zona akar lebih baik daripada yang diperoleh dari kelembaban tanah permukaan. Perbedaan antara kelembaban permukaan dan zona akar dapat dijelaskan dengan fakta bahwa kelembaban tanah di permukaan sangat bervariasi karena banyak dipengaruhi oleh kondisi atmosfer seperti hujan, angin dan radiasi matahari, dibandingkan kelembaban tanah zona akar (Anguela *et al.*, 2008). Ketersediaan kelembaban tanah untuk akar tanaman sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Jika kelembaban tanah tidak tersedia di zona akar maka tanaman akan menjadi layu dan hasil produktivitas akan menurun. Mengetahui keadaan ketersediaan dan distribusi kelembaban tanah dalam zona akar akan menentukan pertumbuhan tanaman dan hasil panen. Saat akar tanaman menggunakan sedikit energi untuk menyerap air dari tanah maka energi lain akan digunakan untuk meningkatkan produktivitas (Mloza, 1994).

Ketika akar tanaman mengalami kesulitan dalam menyerap air dari tanah dikarenakan kurangnya ketersediaan air tanah maka tanaman mengalami stress yang menyebabkan penurunan luas daun sehingga membatasi kemampuan daun

untuk menyerap sinar matahari dan transpirasi. Kelembaban tanah berdasarkan kedalaman tanah melalui penguapan sebanding dengan tingkat kelembaban tanah. Permukaan memiliki jumlah air yang lebih sedikit daripada bagian dalam dikarenakan panas yang diserap oleh air tanah sehingga mengalami kehilangan air lebih banyak. Pengamatan yang dilakukannya menunjukkan bahwa pada kedalaman 20 cm - 80 cm terjadi perbedaan kadar air tanah. Kandungan air tanah yang lebih tinggi terlihat pada kedalaman 40 cm, 60 cm hingga 80 cm dari permukaan tanah. Perbedaan dalam tanah kadar air antara 20 cm dan 80 cm dikarenakan penyerapan oleh akar jagung (Mthandi *et al.*, 2013).

2.3.4 Hubungan Kelembaban Tanah dengan Tekstur Tanah

Air yang dapat diserap tanaman adalah air yang berada dalam pori-pori tanah di lapisan perakaran. Setiap jenis tanah tergantung tekstur dan penyebaran pori-pori tanah memperlihatkan variasi karakteristik kelembaban tanah. Tekstur tanah mengacu pada jumlah fraksi tanah yang dikandungnya. *Holding capacity* dipengaruhi oleh tipe tanah, struktur tanah, dan bahan organik. Banyak tanah memiliki campuran jenis partikel ini. Sifat fisik tanah bergantung pada ukuran partikel-partikelnya. Berdasarkan ukuran bahan padatan tersebut, tanah digolongkan menjadi 3 partikel yaitu pasir, debu, dan liat. Tekstur tanah akan mempengaruhi kemampuan tanah dalam menyimpan dan menyediakan unsur hara bagi tanaman (Islami dan Utomo, 1995).

Umumnya tanah yang memiliki porositas dan partikel lebih besar dengan pori-pori lebih besar dapat menghasilkan drainase yang cukup cepat dan kapasitas menahan air yang rendah. Tanah berpasir perlu disiram lebih sering daripada tanah bertekstur yang lebih halus. Tanah berlempung memiliki tingkat drainase dan laju infiltrasi sedang. Tanah berliat menguras perlahan, memiliki tingkat infiltrasi yang rendah, dan medan yang lebih tinggi. Struktur tanah yang baik (kelompok partikel tanah) membantu meningkatkan tingkat infiltrasi, drainase, dan kapasitas menahan air yang tersedia seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kadar Air Berdasarkan Jenis Tanah

<i>Textural class</i>	<i>Wilting point</i>	<i>Field capacity</i>	<i>Available water</i>
<i>Sand</i>	5	12	7
<i>Sandy loam</i>	9	21	12
<i>Loam</i>	16	36	20
<i>Silt loam</i>	18	39	21
<i>Clay loam</i>	24	39	15
<i>Silty clay</i>	24	39	13
<i>Clay</i>	27	39	12

(Sumber : Zachary dan Emily, 2016)

Tanah pertanian yang telah diolah, cenderung mengandung lebih sedikit bahan organik dibandingkan dengan tanah hutan atau tanah gunung. Bahan organik umumnya dipandang sebagai komponen tanah yang bermanfaat karena menyediakan kapasitas menahan air, perlahan melepaskan nutrisi untuk pertumbuhan tanaman, dan memperbaiki struktur tanah (Zachary dan Emily, 2016).

Umumnya air bersifat selalu bergerak dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah atau dari kadar air yang tinggi ke kadar air yang lebih rendah. Namun dikarenakan adanya adhesi, tegangan permukaan, dan kohesi pada antarmuka udara atau air di pori-pori tanah tak jenuh akan mengakibatkan hisapan air oleh kapiler tanah yang menyebabkan air tertahan di dalam tanah. Sehingga kadar air tanah tidak seluruhnya bergerak turun ke tempat atau kadar air yang lebih rendah. Daya hisap kapiler tanah meningkat ketika ukuran pori-pori tanah menurun. Itulah sebabnya tanah yang didominasi tanah liat, mengandung air lebih banyak dibandingkan pasir (Zachary dan Emily, 2016).

2.4 Standar Pengukuran Kelembaban Tanah

Standar atau acuan dalam mengukur kadar air (kelembaban) tanah maka digunakan *American Standard Method (ASM)*. Prinsip dari metode ini adalah dengan cara melakukan perbandingan antara massa air dengan massa butiran tanah (massa tanah dalam kondisi kering), yang ditunjukkan oleh persamaan 2.2 dan 2.3.

$$\text{Massa air} = \text{massa tanah basah} - \text{massa tanah kering} \quad (2.2)$$

$$\text{kadar air} = \frac{\text{massa air (g)}}{\text{massa butiran tanah (g)}} \times 100 \% \quad (2.3)$$

Massa butiran tanah diperoleh dengan cara memasukkan sampel tanah ke dalam pemanas seperti oven. Sedangkan massa air adalah selisih dari massa butiran tanah yang telah diberi air dengan massa butiran tanah. Kadar air tanah dinyatakan dalam persen volume yaitu persentase volume air terhadap volume tanah. Cara ini mempunyai keuntungan karena dapat memberikan gambaran tentang ketersediaan air bagi tanaman pada volume tanah tertentu. Air yang hilang karena pengeringan merupakan sejumlah air yang terkandung dalam tanah tersebut (Stevanus dan Setiadikarunia, 2013).

2.5 Sensor Kelembaban Tanah

2.5.1 Definisi Sensor Kelembaban Tanah

Sensor kelembaban tanah dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis berdasarkan metode untuk menentukan kelembaban tanah yaitu volumetrik air tanah dan tegangan air tanah. Sensor jenis volumetrik air tanah ini digunakan untuk menentukan jumlah kadar air dalam tanah. *Volumetric Water Content* (VWC) ini bisa dihitung dengan massa (g) atau volume (cm³). Output dari pengukuran tersebut berupa satuan persen. Sedangkan sensor jenis tegangan air tanah ini mengukur energi air di dalam tanah. Air tegangan diukur dalam energi per satuan massa tanah (J/kg) atau kilopascal (kPa). Hal dapat menjelaskan sulit atau mudahnya bagi tanaman untuk mengekstrak air dari tanah (Khanna *et al.*, 2014).

Menurut David *et al.*, (2016) menyatakan bahwa sensor kelembaban tanah kalibrasi yang cermat untuk memberikan ukuran air tanah yang akurat, atau kadar air tanah. Namun, kedua perangkat dapat digunakan untuk memberikan ukuran relatif (basah *versus* kering) dengan menggunakan kurva kalibrasi umum. Sensor kelembaban tanah mengukur kadar air di lokasi dan kedalaman tempat diletakkan.

Jika ditempatkan dan digunakan dengan benar, sensor ini dapat memberikan informasi tentang kandungan air tanah dan status air tanaman. Sensor kelembaban tanah mengukur air yang tersedia untuk tanaman sebagai fungsi kandungan air volumetrik tanah yang berkaitan dengan potensial matrik. Sensor kelembaban tanah efektif hampir di semua jenis tanah. Namun, ada rentang efektivitas, dan kinerja seragam di seluruh jenis tanah tidak boleh diasumsikan. Sensor kelembaban tanah harus ditempatkan di lokasi yang mewakili persyaratan air di zona yang dikendalikannya dengan variasi karena perbedaan suhu, topografi, dan lain-lain. Jika satu sensor digunakan untuk keseluruhan lanskap, sebaiknya ditempatkan di lokasi yang paling representatif dari kebutuhan air rata-rata zona tersebut. Sensor dapat dipasang di zona akar tanaman di dalam tanah untuk mengukur kelembaban sekitar akar.

Menurut Clark (2008) menyatakan bahwa beberapa manfaat menggunakan sensor kelembaban tanah adalah :

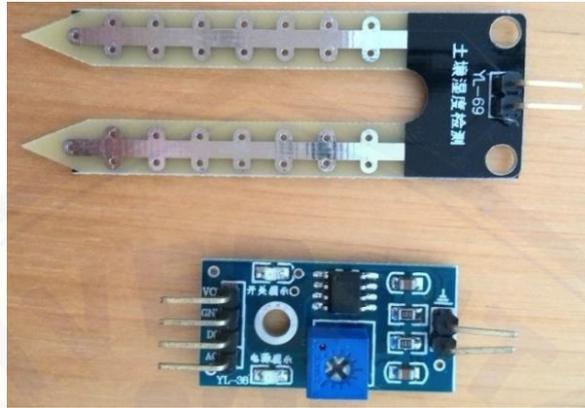
- a. Mengurangi konsumsi air.
- b. Dapat diatur tingkat saturasi kelembaban tanah yang optimal dan meminimalkan layu tanaman.
- c. Dapat berkontribusi pada pertumbuhan akar tanaman yang lebih dalam, mengurangi aliran tanah dan kondisi yang kurang menguntungkan untuk serangga dan penyakit jamur.

2.6 Soil Moisture Sensor YL 69

2.6.1 Definisi *Soil moisture sensor* YL 69

Sensor adalah sesuatu yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisik atau kimia. Variabel keluaran dari *sensor* yang diubah menjadi besaran listrik disebut *transduser*. Saat ini, *sensor* tersebut telah dibuat dengan ukuran sangat kecil sampai dengan orde nanometer. Ukuran yang sangat kecil ini sangat memudahkan pemakaian dan menghemat energi. *Soil moisture sensor* YL 69 adalah *sensor* yang dapat mendeteksi kelembaban dalam tanah. *Sensor* ini sangat sederhana, tetapi ideal untuk memantau kondisi air atau tingkat kadar air

tanah pada tanaman. Soil moisture sensor YL 69 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sensor Kelembaban Tanah YL 69 (Sumber : Bachry, 2017)

Sensor ini terdiri dua *probe* terbuat dari logam konduktor yang berfungsi untuk melewatkan arus melalui tanah, kemudian mengukur nilai tegangan yang berubah-ubah sesuai dengan kondisi resistansi dan arus. Resistansi dan arus dalam kelembaban tanah dipengaruhi oleh tingkat kadar air yang ada dalam tanah. Tegangan yang berbanding terbalik dengan resistansi tanah untuk menunjukkan nilai tingkat kelembaban tanahnya. Kedua logam tersebut sangat peka terhadap perubahan resistansi yang dihasilkan di dalam tanah. Semakin banyak air membuat tanah lebih mudah menghantarkan listrik menunjukkan nilai resistansi kecil. Sedangkan apabila tanah yang kering sangat sulit menghantarkan listrik atau nilai resistansi besar. Semua sensor kelembaban tanah mendeteksi konduktor listrik tanah dan mengubahnya menjadi unit kelembaban (Clark *et al.*, 2008).

2.6.2 Spesifikasi *Soil Moisture Sensor* YL 69

Menurut acoptex (2017) menjelaskan bahwa spesifikasi dari *soil moisture sensor* YL 69 pada Tabel 2.2 sebagai berikut :

Tabel 2.2 Spesifikasi Sensor YL 69

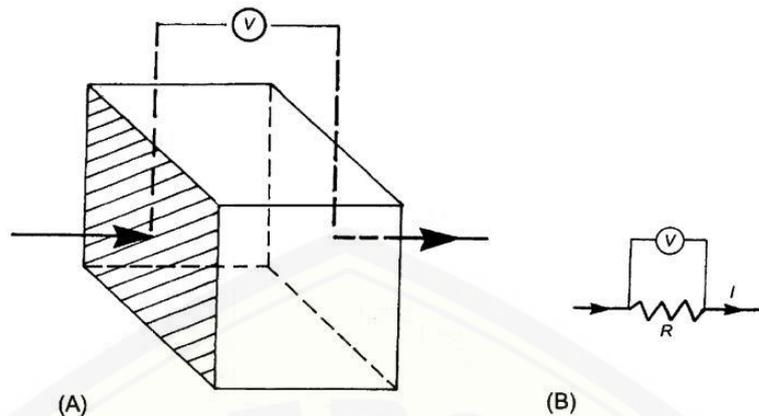
Spesifikasi	Keterangan
<i>Vcc power supply</i>	3.3V or 5V
<i>Current</i>	35mA
<i>Signal output voltage</i>	0- 4.2V
<i>Digital Outputs</i>	0 or 1
<i>Analog</i>	Resistance (Ω)
<i>Panel Dimension</i>	3.0cm by 1.6cm
<i>Probe Dimension</i>	6.0cm by 3.0cm
GND	Connected to ground

(Sumber : acoptex, 2017)

AVR yang digunakan oleh arduino memiliki resolusi ADC sebesar 10 bit ($2^{10} = 1024$) sehingga memulai dari 0 sampai 1023. Jadi arduino hanya bisa mapping nilai 0 V-5 V menjadi 0-1023. Nilai perubahan tegangan yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan nilai kelembaban tanah.

2.6.3 Prinsip Kerja *Soil Moisture Sensor* YL 69

Sensor YL 69 merupakan *electrical resistance sensor*. Sensor ini terdiri dari dua elektroda sehingga sensor ini dapat membaca kadar air di sekitarnya melalui perubahan yang dihasilkan. Tanah dapat dimodelkan sebagai sebuah rangkaian resistor yang mewakili konduktivitas dengan nilai resistansinya sangat ditentukan oleh kadar air dan udara di dalam tanah. Adanya penambahan air untuk peningkatan kelembaban menyebabkan perubahan resistansi tanah. Nilai resistansi meningkat dengan semakin dominannya udara yang terkandung di dalam pori-pori tanah (Mustafa, 2012). Sedangkan nilai resistansi akan menurun dengan peningkatan kadar air dalam tanah. Faktor yang mempengaruhi tahanan jenis tanah adalah jenis tanah, unsur kimia yang terkandung di dalamnya seperti kandungan garam, logam dan mineral-mineral lainnya (Sujarwanto, 2010). Ilustrasi prinsip kerja dari sensor YL 69 ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 (a) Ilustrasi Pengukuran Kelembaban Tanah; (b) Ilustrasi Prinsip Kerja Sensor Kelembaban Tanah (Sumber : Raynold, 1997).

Arus akan dilewatkan pada elektroda melalui tanah dan hambatan terhadap arus dalam tanah akan menentukan nilai kelembaban tanah. Di sisi lain ketika kelembaban tanah tinggi menunjukkan tingkat resistansinya akan rendah. Sensor ini terdapat modul untuk mengubah tegangan masukan dari sensor menjadi output yang dihubungkan ke mikrokontroler. Sensor ini memiliki dua output yaitu digital dan analog. Sensor ini memiliki masukan 0 V – 5 V yang dicacah menjadi 0-1023 (Kimani, 2008).

2.7 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 merupakan papan mikrokontroler yang berdasarkan ATmega2560. Arduino Mega dirancang untuk proyek-proyek yang membutuhkan lebih banyak *input/output line*, lebih banyak memori *script* dan lebih banyak RAM. Arduino tersebut memiliki 54 pin *input/output* digital (yang 15 dapat digunakan sebagai output PWM), 16 input analog, 4 UART (port serial perangkat keras), osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, *connector* listrik, *header* ICSP, dan tombol reset. Menurut Arduino.cc (2017) Arduino Mega 2560 ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Skema Arduino Mega 2560 (sumber: arduino.cc, 2017)

Mega 2560 memiliki 16 input analog, yang masing-masing menyediakan 10 bit resolusi (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Mikrokontroler tersebut dapat dioperasikan cukup dengan dihubungkan ke komputer dengan kabel USB atau nyalakan dengan adaptor AC ke DC atau baterai untuk memulai.

Spesifikasi Arduino Mega 2560 ditunjukkan pada tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Spesifikasi	Keterangan
<i>Microcontroller</i>	ATmega2560
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage (recommended)</i>	7-12V
<i>Input Voltage (limit)</i>	6-20V
<i>Digital I/O Pins</i>	54 (of which 15 provide PWM output)
<i>Analog Input Pins</i>	16
<i>DC Current per I/O Pin</i>	20 mA
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	256 KB of which 8 KB used by bootloader
<i>SRAM</i>	8 KB
<i>EEPROM</i>	4 KB

(sumber : Arduino.cc, 2017)

Menurut Artanto (2012) menyatakan bahwa mikrokontroler adalah piranti elektronik berupa Integrated Circuit (IC) yang memiliki kemampuan manipulasi data (informasi) berdasarkan suatu urutan instruksi (program) yang telah dibuat. Piranti arduino terdapat *Central Proccesssing Unit (CPU)*, *Random Acess Memory (RAM)*, *Electrically Erasable Programmable Read Only Memori*

(EEPROM), I/O, *Timer* dan peralatan internal lainnya. Arduino.cc (2017) menjelaskan bahwa ada beberapa komponen dalam papan Arduino Mega 2560 adalah sebagai berikut:

- a. 5V. Pin ini menghasilkan 5V yang diatur dari regulator di papan. Papan dapat dipasang dengan daya baik dari colokan listrik DC (7 - 12V), konektor USB (5V), atau pin VIN papan (7-12V).
- b. 3V3. Suplai 3.3 volt yang dihasilkan oleh regulator on-board. Daya tarik arus maksimum adalah 50 mA.
- c. GND Pin tanah.
- d. Serial: 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data serial TTL.
- e. External Interrupts: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), dan 21 (interrupt 2).
- f. PWM: 2 hingga 13 dan 44 hingga 46. Menyediakan output PWM 8-bit dengan fungsi `analogWrite ()`.
- g. SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). Pin ini mendukung komunikasi SPI.
- h. LED: 13. Ada built-in LED yang terhubung ke pin digital 1.
- i. I2C: 4 (SDA) dan 5 (SCL). Dukung komunikasi I2C (TWI) menggunakan perpustakaan `Wire`.
- j. AREF. Tegangan referensi untuk input analog menggunakan bahasa pemrograman yaitu `analogReference ()`.
- k. IOREF. Pin ini di papan menyediakan referensi tegangan yang dioperasikan oleh mikrokontroler.
- l. Reset. Bawah baris ini RENDAH untuk mereset mikrokontroler Arduino Mega.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Kegiatan Penelitian

Kegiatan penelitian mengenai pengukuran kelembaban tanah sekitar tanaman menggunakan Sensor YL 69 berbasis Arduino Mega 2560 secara garis besar yaitu perancangan alat, uji alat, pengaplikasian alat pada media tanam dan tanaman, analisis data, dan kesimpulan. Skema dari rancangan kegiatan penelitian ditampilkan dalam bentuk diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen yang diawali dengan perancangan alat pengukur kelembaban berbasis arduino. Data-data pengukuran ditampilkan pada layar laptop dan LCD 16x2 karakter. Pengukuran kelembaban tanah dalam penelitian ini dengan variasi titik pengukuran berupa kedalaman penempatan sensor. Titik pengukuran dibuat secara melingkar mengelilingi batang tanaman pada jarak tertentu. Penelitian juga dilakukan pengukuran massa uap air yang dihasilkan, suhu udara dalam sistem, suhu dalam tanah dan variabel pertumbuhan lainnya. Pengukuran dilakukan secara berkala dalam waktu tertentu untuk mengetahui hubungan perubahan kelembaban tanah terhadap waktu. Variasi tersebut diperoleh rata-rata degradasi perubahan kelembaban tanah yang terjadi di dalam wadah plastik.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di *Glasshouse* Biofisika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember. Penelitian dilakukan mulai bulan Februari 2018 sampai Juli 2018.

3.3 Jenis dan Sumber Data Penelitian

3.3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan berupa kegiatan pengukuran nilai kelembaban tanah pada tanaman dalam wadah plastik menggunakan *soil moisture sensor* YL 69 berbasis Arduino Mega 2560 ini bersifat kuantitatif karena data

diperoleh dari hasil eksperimen. Data yang diperoleh dianalisa untuk mendapatkan suatu kesimpulan yang sesuai dengan rumusan masalah dan tujuan dari penelitian.

3.3.2 Sumber Data Penelitian

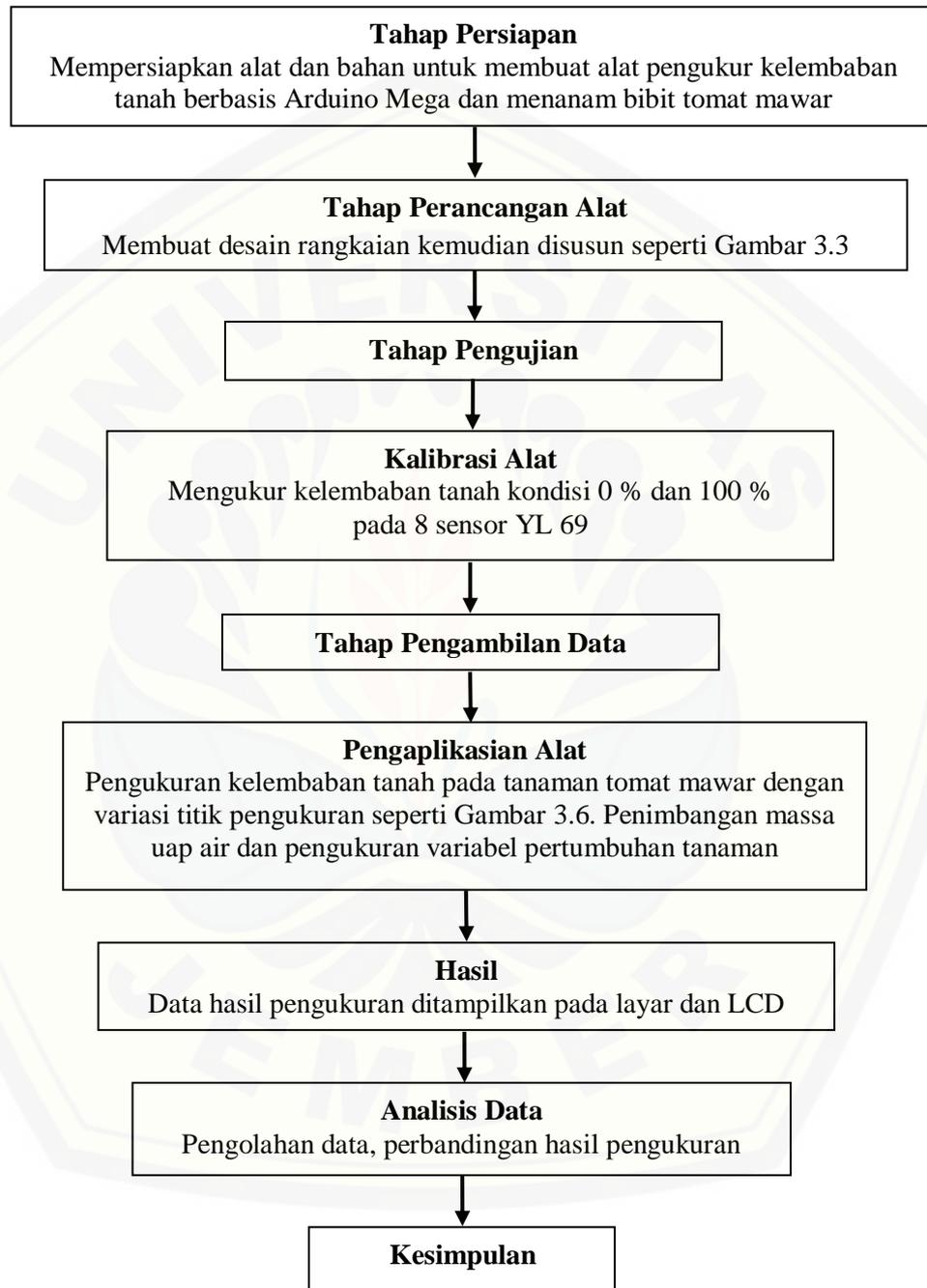
Sumber data yang digunakan untuk mengukur kelembaban tanah pada tanaman dalam wadah plastik merupakan data primer yang diperoleh dari hasil penelitian. Untuk mendapatkan data tersebut, maka dilakukan pengujian dan pengukuran menggunakan alat pengukur kelembaban tanah yang telah dirangkai. Pengujian alat berupa kalibrasi pada sensor YL 69 berbasis Arduino Mega 2560. Sedangkan pengukuran dilakukan dengan menancapkan sensor ke pasir dalam wadah plastik yang sudah ada tanamannya. Kemudian dilakukan pengukuran selama waktu tertentu. Penelitian ini juga dilakukan variasi titik pengukuran untuk mengetahui perubahan kelembaban tanah yang terjadi.

3.4 Variabel Penelitian

Penelitian ini hanya terdapat 1 variabel yaitu variabel terikat. Hal ini dikarenakan tidak adanya perlakuan dalam penelitian serta tidak menggunakan perbandingan dengan alat lainnya. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah data-data yang diperoleh dari alat pengukur kelembaban tanah menggunakan sensor YL 69 berbasis Arduino Mega 2560. Kalibrasi sensor kelembaban tanah yaitu dengan melakukan pengukuran pada media tanam berupa pasir atau tanah dalam kondisi basah dan kering. Media tanam diberi air hingga mencapai tingkat kejenuhan atau kondisi air menggenangi pasir. Kemudian juga dilakukan kalibrasi pada pasir yang telah dijemur hingga kering. Variabel yang diukur dalam penelitian ini adalah nilai kelembaban tanah, massa uap air, kelembaban udara, suhu udara dalam sistem, suhu tanah, massa basah tanaman, massa kering tanaman, luas daun, diameter batang, tinggi tanaman.

3.5 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ditunjukkan pada diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

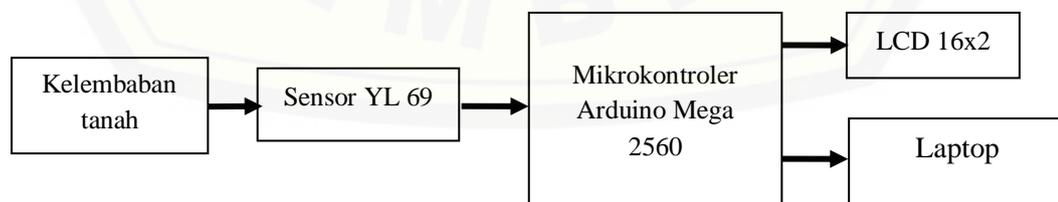
3.5.1 Tahap Persiapan

Pembuatan alat pengukur kelembaban tanah ini dilakukan dengan mempersiapkan beberapa alat dan bahan yaitu:

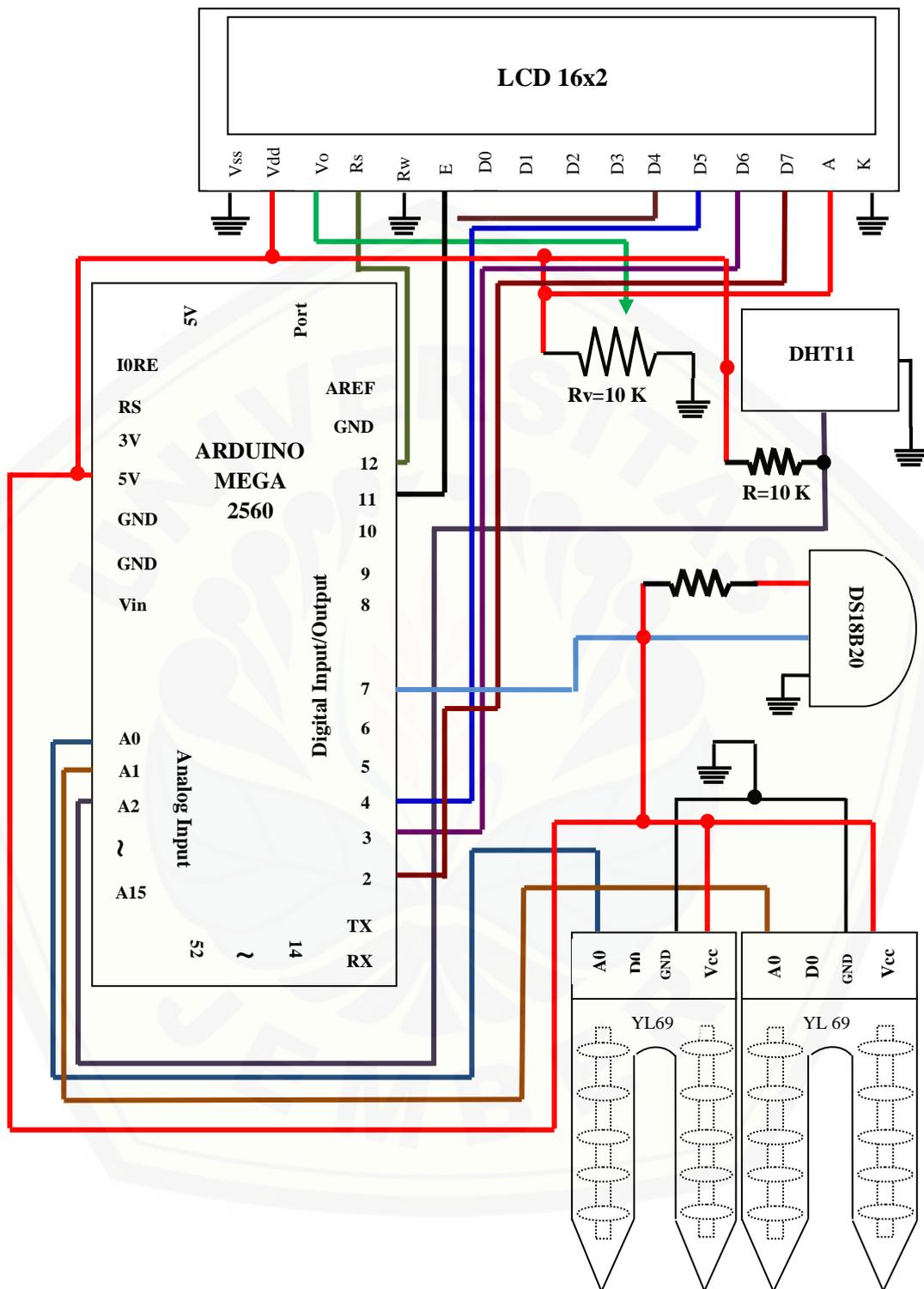
1. 8 buah *Soil Moisture Sensor YL 69*
2. *Arduino Mega 2560*
3. 1 buah sensor *DHT11*
4. 1 buah sensor suhu *DS18B20*
5. 63 bibit tanaman tomat mawar
6. 30 buah wadah plastik berdiameter 20 cm dan tinggi 15 cm
7. *LCD 16x2 karakter*
8. *Project Board*
9. *Potentiometer 10 K Ω*
10. Resistor 10 K Ω dan 4.7 K Ω
11. Kabel *jumper*
12. Tutup plastik
13. *Aluminium Foil*
14. Timbangan berskala gram
15. Pupuk cair “Green Tonik”
16. Pasir
17. Oven

3.5.2 Tahap Perancangan

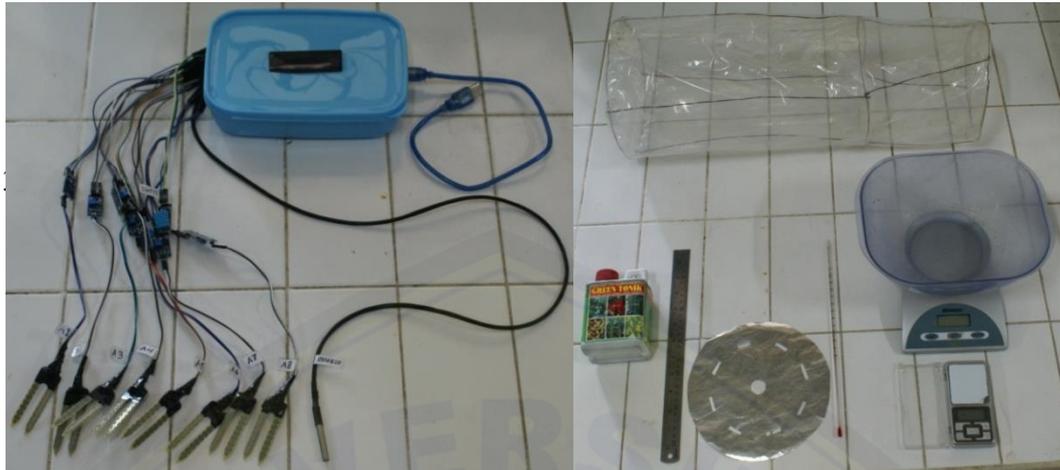
Desain alat pengukur kelembaban tanah seperti pada Gambar 3.2 :



Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem Pengukuran Kelembaban Tanah



Gambar 3.3 Diagram Alat Pengukur Kelembaban Tanah



(a)

(b)

Gambar 3.4 Alat-Alat Penelitian. (a) Alat pengukur kelembaban tanah; (b) Alat pengukur faktor pendukung

3.5.3 Tahap Pengujian

a. Kalibrasi Alat

Tahap kalibrasi dalam penelitian ini adalah dengan melakukan pembacaan nilai kelembaban tanah menggunakan sensor YL 69 yang terhubung pada mikrokontroler Arduino Mega 2560. Uji kalibrasi bertujuan untuk mengetahui kinerja dan akurasi dari sensor kelembaban tanah tersebut. Sebelumnya arduino harus diprogram dengan meng-inputkan *script* agar dapat membaca output dari sensor. Output dari sensor akan dirubah ke dalam persentase agar mudah dianalisis. Tahap kalibrasi ini yaitu dengan menancapkan sensor pada pasir dalam kondisi kering dan basah di dalam wadah seperti pada Lampiran 3.3. Kemudian pasir diberi air secara perlahan sampai tingkat kelembaban tanah yang tinggi yang ditunjukkan dengan kondisi air yang menggenangi permukaan pasir. Kalibrasi menggunakan media tanam pasir yang kering diawali dengan menjemur pasir hingga kering. Kemudian menancapkan sensor pada pasir yang telah kering tersebut. Kalibrasi pengukuran massa uap air dengan pembanding dari alat pengukur kelembaban udara DHT11. Variabel kelembaban tanah dibandingkan dengan data pendukung seperti massa uap air, suhu dalam sistem, suhu tanah, dan pertumbuhan tanaman.

3.5.4 Tahap Pengambilan Data

a. Pemilihan Bibit Tanaman

Tahap pertama yaitu pemindahan dan penanaman 63 bibit tanaman secara bersamaan dengan perawatan, penambahan nutrisi, dan kondisi lingkungan yang sama untuk mendapatkan hasil tanaman yang homogen. Pemindahan dilakukan ketika bibit telah berumur 2 minggu dari pembibitan. Kemudian diadaptasikan dalam lokasi baru yaitu *Glasshouse* Biofisika, FMIPA, Universitas Jember seperti pada lampiran 3.1. Bibit yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman ranti atau tomat mawar (*Lycopersicon lycopersicum*). Bibit ditanam pada pasir dalam pot kecil bertujuan untuk mendapatkan kondisi akar yang cukup kuat dan cukup panjang serta telah mampu beradaptasi dengan lingkungannya sampai berumur 3 minggu. Ketika tanaman telah berumur sekitar 3 minggu, maka dipilih sebanyak 32 bibit tomat mawar untuk dipindah ke dalam wadah plastik berukuran diameter 20 cm dan tinggi 16 cm.



(a)

(b)

Gambar 3.5 Bibit Tanaman Tomat Mawar. (a) Bibit tomat mawar berumur 14 hari; (b) Bibit tomat mawar berumur 21 hari

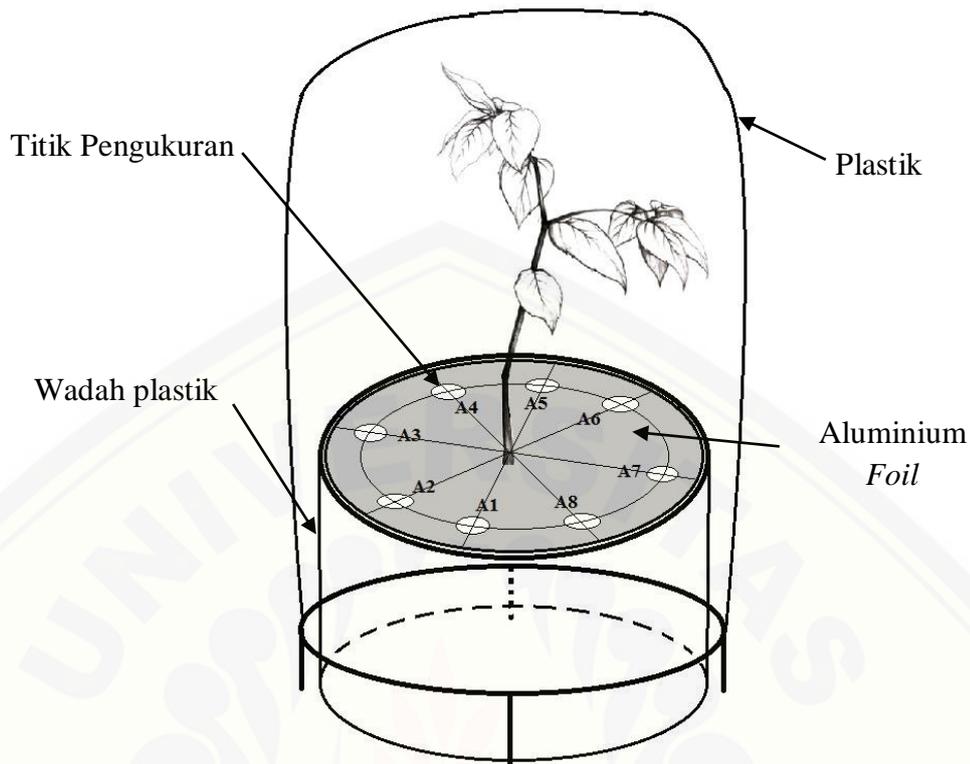
Pasir yang digunakan adalah pasir yang telah disterilkan dari jamur, kotoran dan lain-lain yang terkandung dalam pasir dengan pencucian menggunakan air bersih. Wadah plastik diisi dengan pasir hingga mencapai ketinggian 14 cm. Karakter pasir yang memiliki tekstur dan porositas lebih besar dari tanah memungkinkan pasir lebih mudah untuk diamati perubahan nilai kelembaban

tanahnya. Hal ini dikarenakan sifat fisik dari tanah yang memiliki kemampuan menahan air besar daripada tanah. Pasir memiliki titik layu yang lebih kecil dari tanah serta memiliki tingkat ketersediaan air yang lebih kecil juga dari tanah. Sehingga mendukung penelitian untuk dilakukan pengukuran perubahan nilai kelembaban tanah yang terjadi.

Selama penumbuhan dalam wadah plastik bibit tanaman disiram dengan air yang dicampur dengan larutan pupuk cair “Green Tonik” sebanyak 2 cc per liter setiap 2 hari sekali. Larutan tersebut berguna untuk menambah nutrisi tanaman karena mengandung berbagai unsur- unsur penting seperti kadar N 14.73 %, kadar P_2O_5 1.56 % , kadar K_2O 2.55 %, kadar S 0.33 %,Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Cd, B dan senyawa organik lainnya. Ketika tanaman telah berumur 6 minggu, kemudian dipilih sebanyak 16 tanaman dengan parameter umur, tinggi, jumlah daun dan diameter batang yang relatif sama. Jika telah didapatkan maka tanaman tersebut telah siap diukur perubahan kelembaban tanah berdasarkan titik pengukurannya.

b. Penyusunan Sistem Pengukuran

Tahap kedua yaitu penyusunan sistem pengukuran diawali dengan penyiraman pasir dalam wadah plastik berukuran diameter atas 20 cm dan tinggi 14 cm. Penyiraman dilakukan pada 1 hari sebelum pengambilan data. Hal ini dikarenakan agar air dari penyiraman turun terlebih dahulu sehingga hanya menyisakan air yang diserap oleh partikel pasir. Air yang tersedia dalam pasir tersebut yang akan diserap oleh akar tanaman. Kemudian bagian atas pasir ditutup dengan lembaran aluminium *foil* yang telah dilubangi seperti Gambar 3.6.

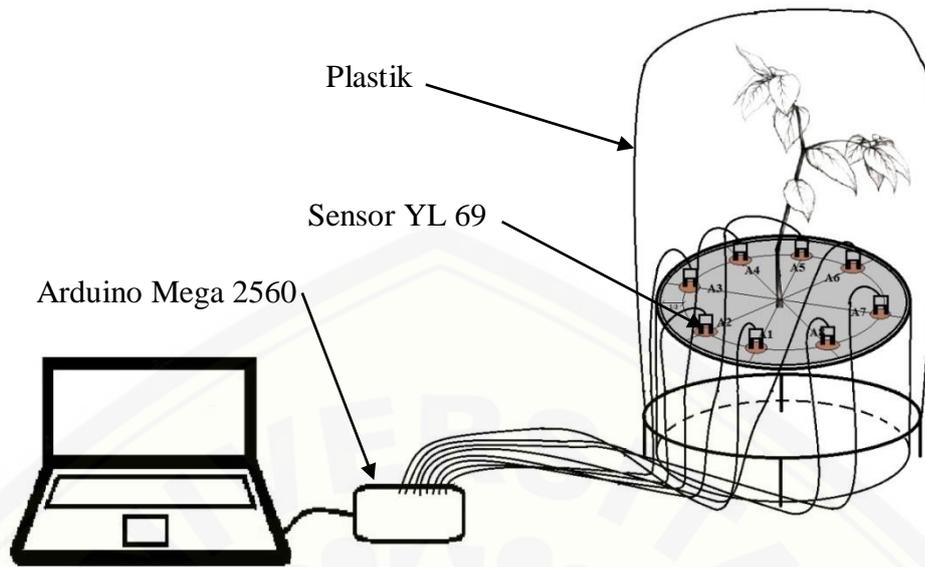


Gambar 3.6 Susunan Pengukuran Kelembaban Tanah pada Tanaman

Penutupan ini dimaksudkan untuk mencegah penguapan air yang berasal dari pasir sehingga penguapan hanya berasal dari tanaman. Kemudian pada bagian penutup dibuat 8 buah lubang (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8,) yang diposisikan mengelilingi batang tanaman. Jarak lubang dengan batang adalah sekitar $\frac{2}{3}$ dari jari-jarinya atau berjarak 6,7 cm dan jarak antar sensor berkisar 5 cm. Lubang tersebut berfungsi sebagai titik pengukuran atau sebagai tempat menancapkan sensor kelembaban tanah YL 69.

c. Pengukuran Kelembaban Tanah Daerah Permukaan

Tahap ketiga yaitu pengukuran dilakukan dengan menancapkan sensor kelembaban tanah YL 69 pada setiap lubang sebanyak 8 buah. Sensor ditancapkan pada pasir dengan kedalaman sekitar 4 cm seperti Gambar 3.7.

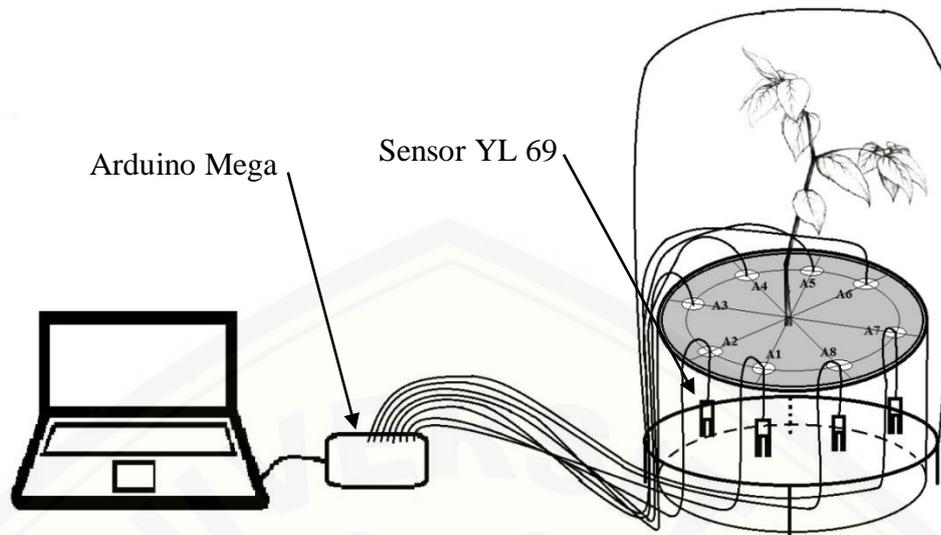


Gambar 3.7 Desain Pengambilan Data Kelembaban Tanah

Pengukuran kelembaban tanah dilakukan secara bersamaan pada semua titik yang telah ditancapkan sensor. Setiap sensor membaca nilai kelembaban tanah kemudian dikirim pada Arduino Mega 2560 dan ditampilkan pada layar laptop serta nilai kelembaban udara dan suhu tanah ditampilkan pada lcd 16x2. Pengukuran secara bersamaan ini dikarenakan untuk mengetahui hubungan perubahan kelembaban tanah terhadap waktu. Penelitian dilakukan setiap 3 hari sekali pada tanaman tomat mawar yang berbeda-beda. Pengukuran dimulai dari jam 09.00 WIB – 13.00 WIB selama 4 minggu. Pembacaan nilai kelembaban tanah, kelembaban udara, suhu udara dalam sistem dan suhu tanah dilakukan setiap 20 detik selama 1 jam dengan pengulangan pengukuran sebanyak 4 kali.

d. Pengukuran Kelembaban Tanah Berdasarkan Kedalaman

Pengukuran kelembaban tanah juga diaplikasikan pada kedalaman 8 cm dari permukaan pasir. Teknik pengukuran kelembaban tanah berdasarkan kedalamannya didesain seperti Gambar 3.8.

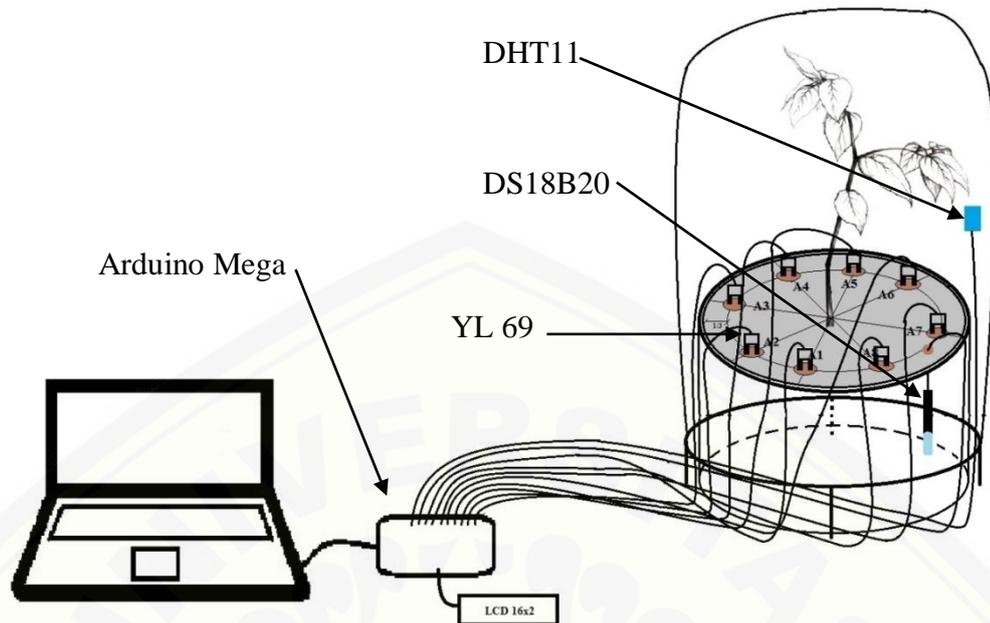


Gambar 3.8 Pengukuran Berdasarkan Kedalaman

Berdasarkan Gambar 3.8 dapat dilihat bahwa 8 sensor kelembaban tanah YL 69 ditancapkan di kedalaman 8 cm. Setelah ditancapkan, kemudian pasir ditutup kembali dan sedikit ditekan. Pengukuran dilakukan secara bersamaan dalam rentang waktu yang sama dengan sebelumnya untuk mengetahui perbedaan perubahan nilai kelembaban tanah yang terjadi berdasarkan kedalaman berbeda.

e. Pengukuran Kelembaban Udara, Suhu Udara dan Suhu Tanah

Pengukuran kelembaban udara yang diawali dengan tanaman beserta wadah plastik dibungkus dengan plastik bening namun tetap diberikan jalur ventilasi udara pada bagian bawahnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.9.

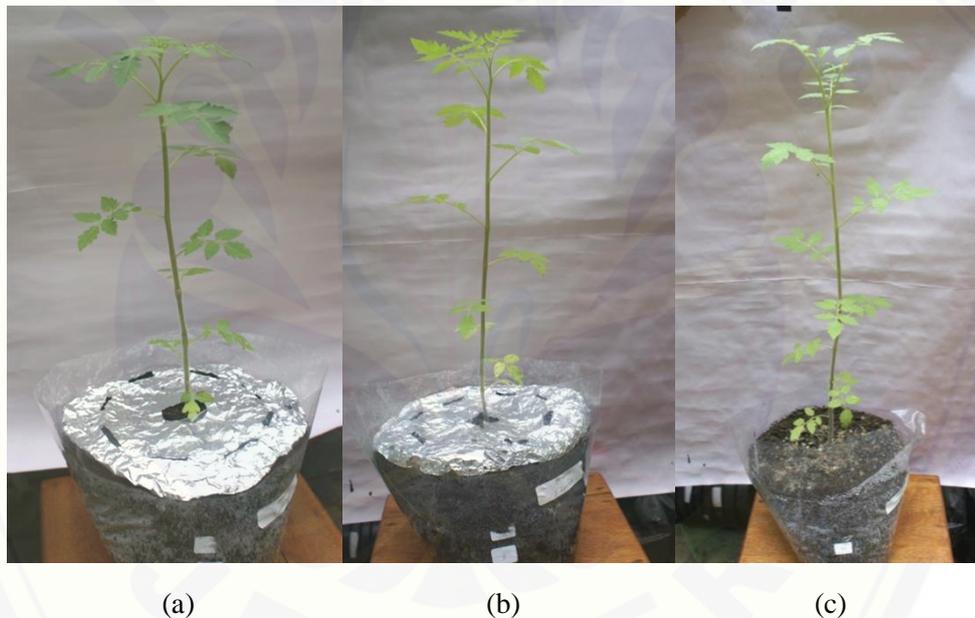


Gambar 3.9 Pengukuran Kelembaban Udara, Suhu Udara dan Suhu Tanah

Tujuan dipasang plastik tersebut adalah untuk menangkap penguapan hasil transpirasi oleh tanaman. Uap air akan menempel pada plastik sehingga membentuk butiran-butiran air. Kemudian butiran hasil penguapan tersebut ditimbang. Hasil penimbangan didapat dari selisih massa plastik awal dengan massa plastik akhir (plastik dan butiran air). Pengukuran kelembaban udara ini dibandingkan dengan data pendukung dari sensor kelembaban udara DHT11. Sensor tersebut mengukur kelembaban udara dalam bentuk persen serta mampu mengukur suhu lingkungan. Sensor diletakkan di dalam plastik disamping tanaman seperti Gambar 3.9. kemudian dalam penelitian ini juga dilakukan pengukuran suhu pasir dalam wadah plastik menggunakan sensor DS18B20. Sensor tersebut ditancapkan ke dalam pasir dengan kedalaman 4 cm dan 8 cm dari permukaan. Nilai kelembaban udara dan suhu pasir merupakan data pendukung dalam penelitian yang ditampilkan pada LCD 16x2 serta pada layar laptop.

f. Pengukuran Pertumbuhan Tanaman

Tahap ke empat yaitu pengukuran pertumbuhan tanaman yang dilakukan setiap 3 hari sekali bersamaan dengan pengukuran kelembaban tanah. Pengukuran tersebut mengukur parameter tinggi tanaman, diameter pangkal batang, massa uap air serta luas daun. Pengukuran massa uap air telah dijelaskan sebelumnya sedangkan untuk diameter diukur pada batang bagian dekat dengan permukaan pasir dan tinggi diukur dari batang pangkal sampai pucuk tanaman. Pengambilan data luas daun yaitu dengan mengukur panjang dan lebar setiap daun pada tanaman tomat mawar. Kemudian hasil dari luas tersebut dikalikan dengan faktor koreksi sehingga didapatkan luas real daun tanaman tomat mawar.



Gambar 3.10 *Fotograf* Pertumbuhan Tanaman. (a) umur 45 hari; (b) umur 52 hari; (c) umur 69 hari

Pengukuran pertumbuhan dalam penelitian ini juga dilakukan pengukuran massa tanaman dalam hal ini berupa pengukuran massa basah dan massa kering tanaman. Pengukuran ini dilakukan ketika tanaman telah berumur 68 hari dan 75 hari. Pengukuran massa tanaman menggunakan oven untuk mendapatkan massa keringnya. Sampel yang digunakan hanya dipilih 3 buah tanaman dengan

parameter tinggi yang relatif sama dan masih belum berbunga seperti Gambar 3.10. Tanaman yang masih segar dipotong-potong menjadi tiga bagian yaitu akar, batang dan daun. Sebelum pengovenan, massa dari ketiga bagian ditimbang terlebih dahulu. Ketiga bagian tersebut dibungkus kemudian dioven dalam suhu 103 °C selama 4 jam. Setelah selesai, maka bagian tersebut ditimbang kembali untuk mendapatkan massa kering.

3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dari pengukuran kelembaban tanah pada setiap titik pengukuran menggunakan sensor kelembaban YL 69 berbasis Arduino Mega 2560 terekam pada layar laptop melalui *software* Arduino IDE. Kemudian nilai pada masing-masing titik pengukuran dibandingkan terhadap waktu dan diambil rata-rata setiap tanggalnya. Grafik perubahan kelembaban tanah diubah ke bentuk radar atau melingkar yang menunjukkan sebaran akar dari tanaman tomat mawar tersebut. Data-data tersebut juga dibandingkan dengan data pendukung lainnya seperti kelembaban udara, suhu udara dalam sistem, suhu tanah, dan variabel pertumbuhan tanaman.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil di atas dapat disimpulkan bahwa

1. Profil kelembaban tanah di sekitar perakaran tanaman dari hasil pengukuran *soil moisture sensor* YL 69 berbasis Arduino Mega 2560 yang didesain menunjukkan bahwa kelembaban tanah di sekitar perakaran mengalami perubahan nilai terhadap waktu. Perubahan kelembaban tanah yang terbaca oleh sensor YL 69 menunjukkan kecenderungan mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan adanya air tanah yang diserap oleh akar-akar tanaman.
2. Kelembaban tanah di sekitar perakaran tanaman memberikan nilai yang berbeda pada titik-titik pengukuran yang berbeda. Kelembaban tanah pada daerah permukaan dengan kedalaman penancapan sensor 4 cm menunjukkan nilai yang lebih kecil dengan rentang nilai berkisar antara 37.25% - 63.50% dibandingkan kelembaban tanah di kedalaman 8 cm berkisar antara 62.50% - 85.75%. Hasil ini menunjukkan adanya hubungan antara kelembaban tanah dan posisi titik pengukuran yang didapat dari *soil moisture sensor* YL 69 berbasis Arduino Mega 2560.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya, diantaranya yaitu

1. Penelitian ini hanya menggunakan 8 buah sensor kelembaban tanah yang disusun mengelilingi tanaman dengan jarak yang sama. Sebaiknya ditambah beberapa sensor YL 69 dengan variasi jarak dari tanaman agar mendapatkan pola perubahan kelembaban tanah yang lebih baik dan akurat.
2. Tingkat kerapatan tanah mempengaruhi nilai kelembaban tanah yang terbaca oleh sensor. Sehingga perlu adanya pembandingan dari alat lain untuk kalibrasi dari sensor YL 69.
3. Penelitian membutuhkan pengukuran faktor lain seperti intensitas cahaya, massa air tanah yang hilang.

DAFTAR PUSTAKA

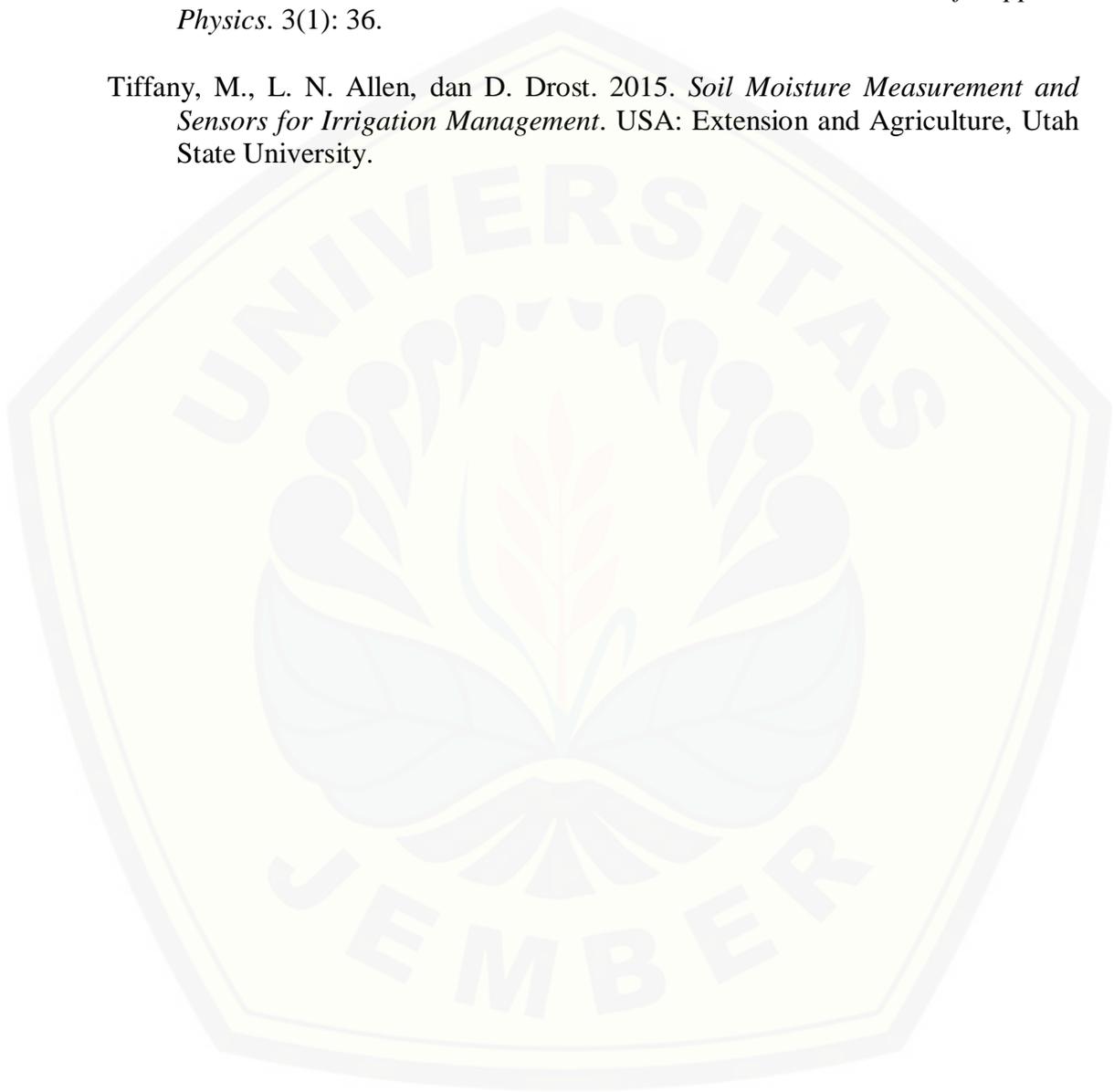
- Acoptex. 2017. Basics: Project 036a Soil Moisture Sensor YL 69, FC-28 or HL-69. <http://acoptex.com/project/179/basics-project-036a-soil-moisture-sensor-YL-69-fc-28-or-hl-69-at-acoptexcom/#sthash.5ZFw7tXe.t0pd0G4c.dpbs>. [Diakses pada 5 januari 2018].
- Anguela, T. P., M. Zribi., S. Hasenauer., F. Habets, dan C. Loumagne. 2008. Analysis of surface and root-zone soil moisture dynamics with ERS scatterometer and the hygrometeorological model SAFRAN-ISBA-MODCOU at Grand Morin watershed (France). *Hydrology and Earth System Science*. (12): 1415-1424.
- Arduino. 2017. Arduino Mega 2560 Rev3. <https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3>. [Diakses pada 3 januari 2018].
- Artanto, D. 2012. *Interaksi Arduino dan labVIEW*. Jakarta : Elex Media Komputindo.
- Bachri, A dan E. W. Santoso. 2017. Prototype Penyiraman Tanaman Otomatis Dengan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Atmega 328. *Jurnal JE-Unisla*. 2(2): 2502-2986.
- Bueckert, R. A. 2013. General Principles of Plant Water Relations *Department of Plant Sciences University of Saskatchewan*. (6): 107-118.
- Cahyono, B. 1998. *Tomat. Usaha Tani dan Penanganan Pascapanen*. Yogyakarta: Kanisius.
- Clark, M. G., Acomb, dan B. Philpot. 2008. *Soil Moisture Sensor*. Florida: IFAS, University of Florida.
- David, J. S., J. S. Owen, dan S. Barlow. 2016. *Understanding Soil Moisture Sensors: A Fact Sheet for Irrigation Professionals in Virginia*. Virginia: Virginia State University.
- Dinkar, R. P. P. A Comparative Study of Arduino, Raspberry Pi and ESP8266 as IoT Development Board. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*. ISSN: 0976-5697.
- Eka, P., R. Pratama. 2014. Pembuatan Sistem Pengukur Suhu dan Kelembaban Tanah Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi STMIK Subang*. ISSN: 2252-4517.

- Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita and S.M.A. Basra, 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agron. Sustain. Dev.* (29): 185–212.
- Fitter, A. H dan R. K. M. Hay. 2002. *Environmental Physiology of Plants. Third Ed.* Academic Press. A Division of Harcourt Inc.
- Gardner, F. P., R. B. Perace dan R. L. Mitchell. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya.* Penerjemah: Susilo, H. Jakarta: UI Press.
- Griffin, J. J., T. G. Ranney dan D. M. Pharr. 2004. Heat and drought influence photosynthesis, water relation, and soluble carbohydrates of two ecotypes of redbud (*Cercis canadensis*). *J. Hort. Sci.* 129(4): 497-502.
- Hariyati, N. F dan D. Murdiarso. 2004. Hubungan air tanaman Acacia Mangium WILLD di Hutan Tanaman Perum Perhutani Bogor. *J. Agromet* (2):13-24.
- Hartmann, R. 2001. Soil Physics. Belgium : Faculty of Agricultural and Applied Biological Science, University Gent.
- Islami, T. dan W. H. Utomo. 1995. Hubungan Tanah, Air dan Tanaman. Semarang: IKIP Semarang Press.
- Jamulya dan W. S. Suratman. 1993. *Pengantar geografi Tanah.* Yogyakarta : Fakultas Geografi UGM.
- Khanna, N., G. Singh., D. K. Jain dan M. Kaur. 2014. Design and Development Of Soil Moisture Sensor And Response Monitoring System. *International Journal of Latest Research in Science and Technology.* ISSN: 2278-5299.
- Kimani, P. N. 2008. Microcontroller based irrigation system. *Skripsi,* Nairobi : University of Nairobi.
- Kramer, P. J dan J. S. Boyer. 1995. *Water Relations of Plants and Soils.* USA : Academic Press Inc.
- Mloza, B. H. R. 1994. *Principles and practice of crop management. A field study guide.* Malawi: Bunda College of Agriculture, Lilongwe.
- Mthandi, J., F. C. Kahimba., A. K. P. R. Tarimo., B. A. Salim, dan M. W. Lowole. 2013. Root zone soil moisture redistributions in maize (*Zea mays L.*) under different water application regimes. *Agriculture Science.* 4(10): 521-528.
- Mustafa, M. 2012. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah.* Makassar: Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin.

Rodriguez, P., J. Dell'amico, D., Morales. M. J. Sa and N. Blanco. 1997. Effects of salinity on growth, shoot water relations and root hydraulic conductivity in tomato plants. *J. Agricultural Sci.* (128):439-444.

Stevanus dan D. Setiadikarunia. 2013. Alat Pengukur Kelembaban Tanah Berbasis Mikrokontroler PIC 16F84. *Indonesian Journal of Applied Physics.* 3(1): 36.

Tiffany, M., L. N. Allen, dan D. Drost. 2015. *Soil Moisture Measurement and Sensors for Irrigation Management.* USA: Extension and Agriculture, Utah State University.



LAMPIRAN

Lampiran A. Metode Pengambilan Data

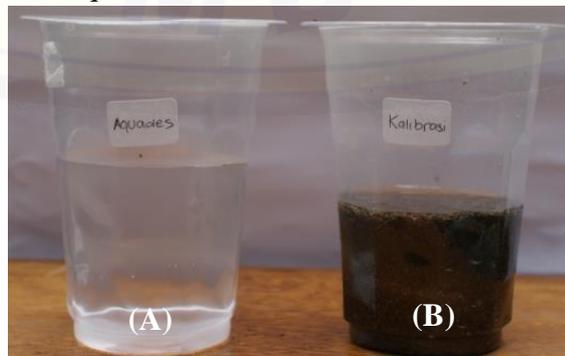
3.1 Teknik Pengukuran Perubahan Kelembaban Tanah



3.2 *Glasshouse* Biofisika, FMIPA Universitas Jember



3.3 Kalibrasi sensor dan Aquades

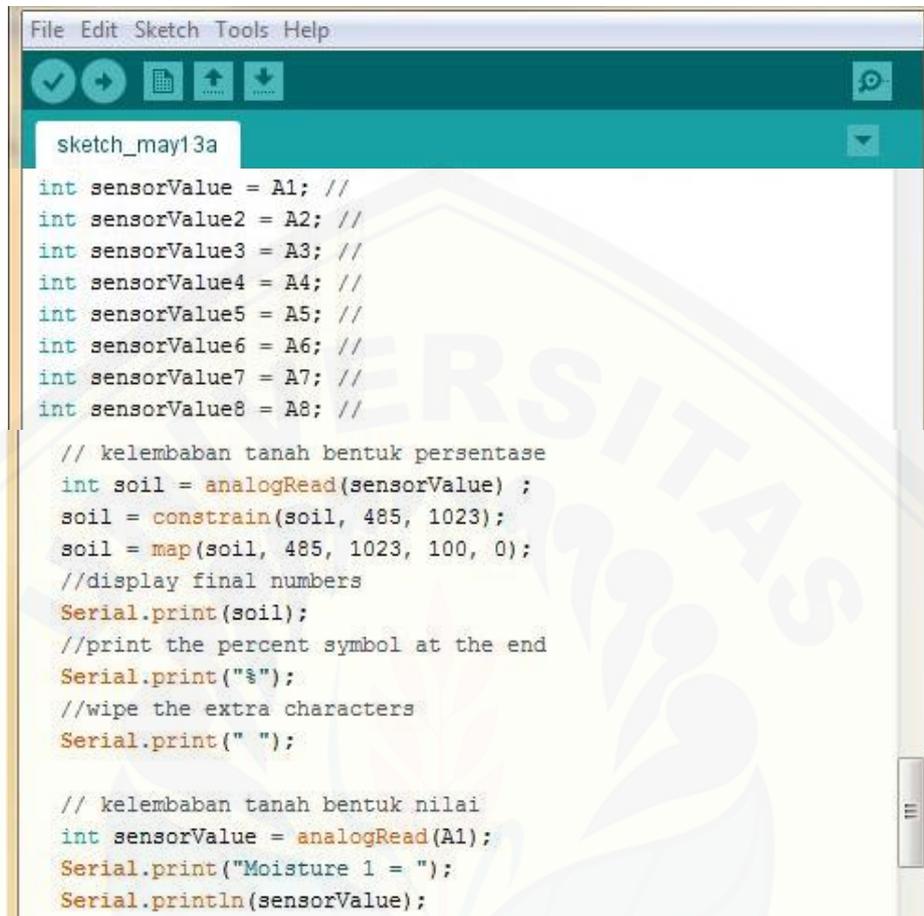


Keterangan: (a) Aquades, (b) Kalibrasi

3.4 Pengukuran Luas Daun



3.5 Script Pemrograman Arduino Mega 2560



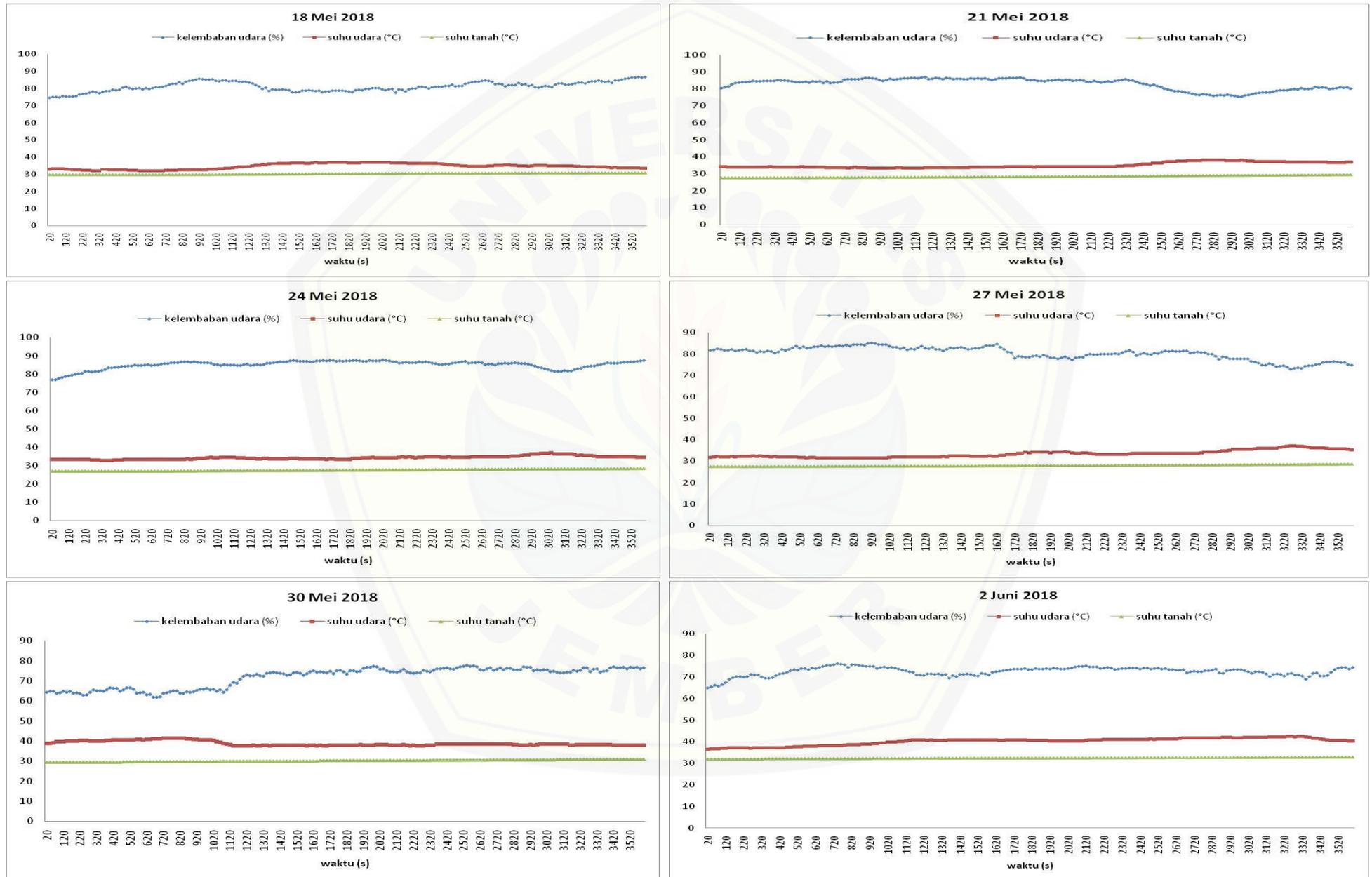
```
File Edit Sketch Tools Help
sketch_may13a
int sensorValue = A1; //
int sensorValue2 = A2; //
int sensorValue3 = A3; //
int sensorValue4 = A4; //
int sensorValue5 = A5; //
int sensorValue6 = A6; //
int sensorValue7 = A7; //
int sensorValue8 = A8; //

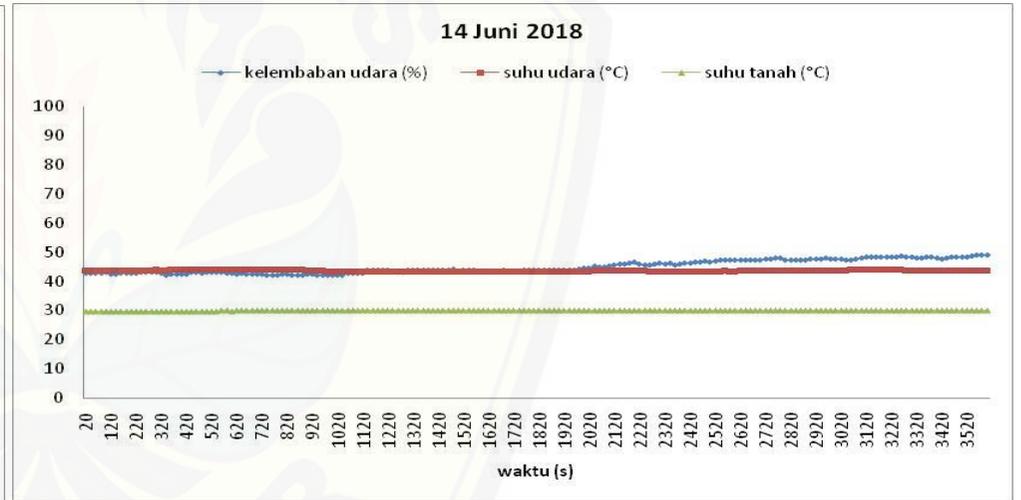
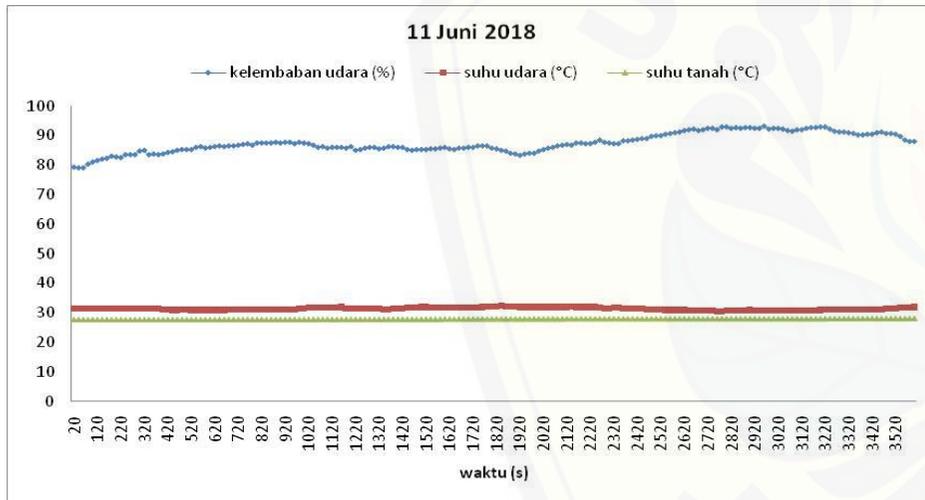
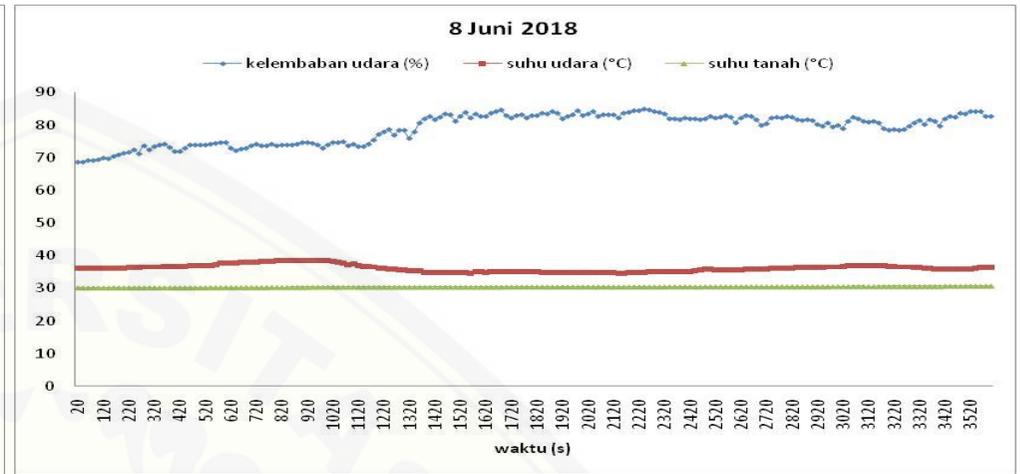
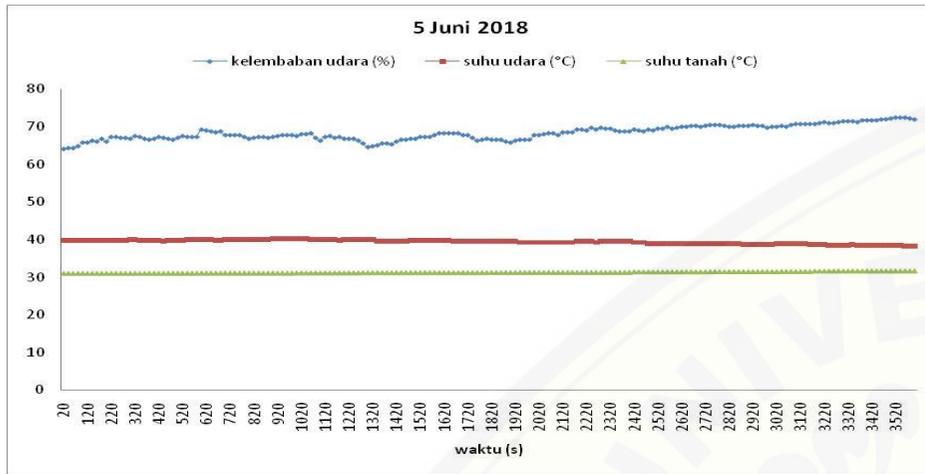
// kelembaban tanah bentuk persentase
int soil = analogRead(sensorValue) ;
soil = constrain(soil, 485, 1023);
soil = map(soil, 485, 1023, 100, 0);
//display final numbers
Serial.print(soil);
//print the percent symbol at the end
Serial.print("%");
//wipe the extra characters
Serial.print(" ");

// kelembaban tanah bentuk nilai
int sensorValue = analogRead(A1);
Serial.print("Moisture 1 = ");
Serial.println(sensorValue);
```

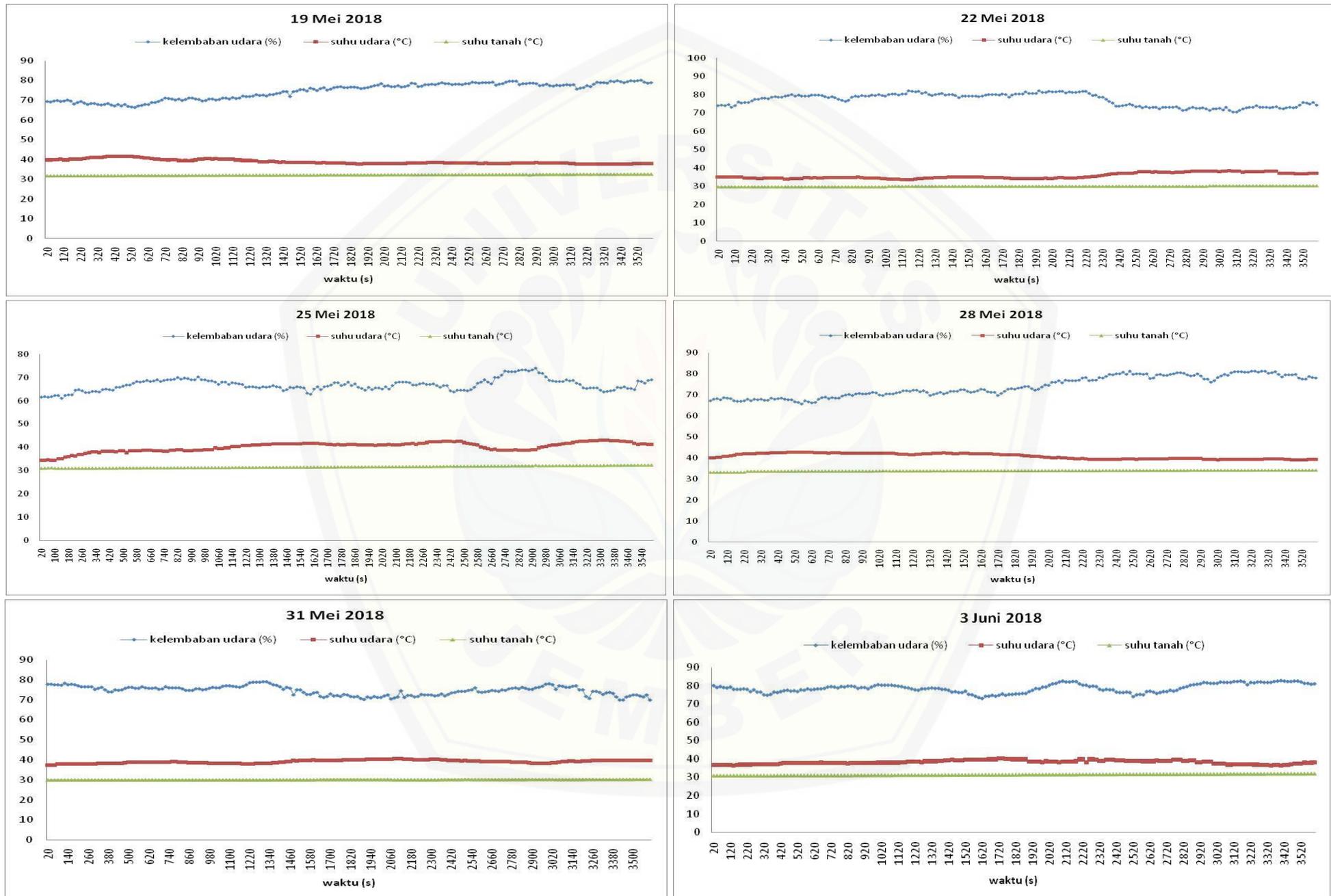
Lampiran B. Data Penelitian

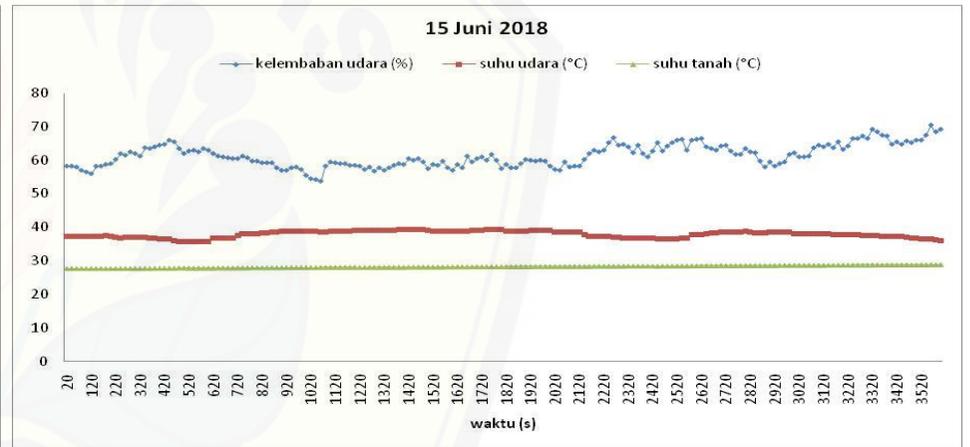
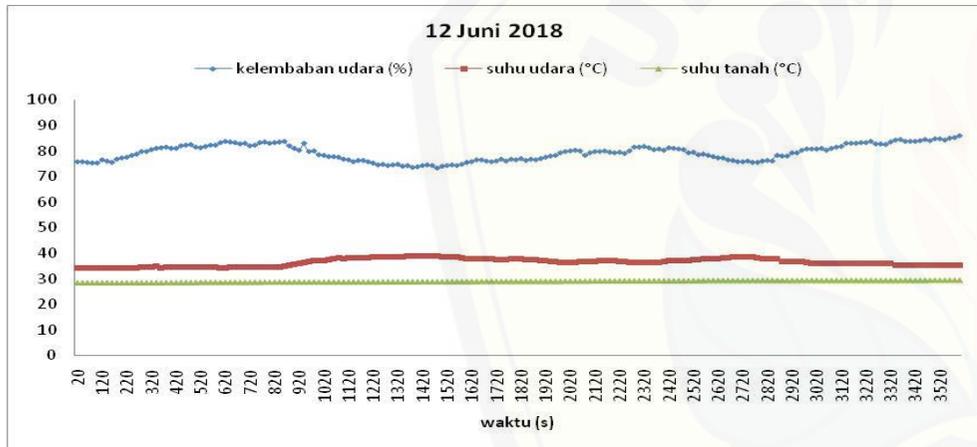
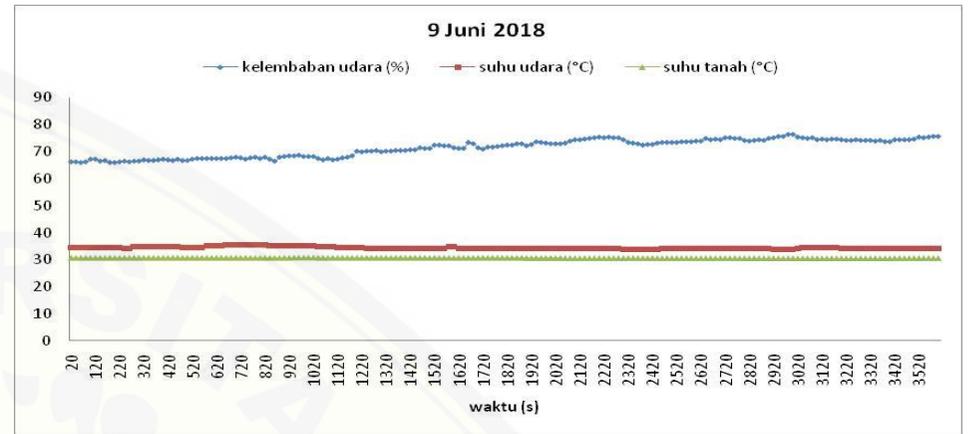
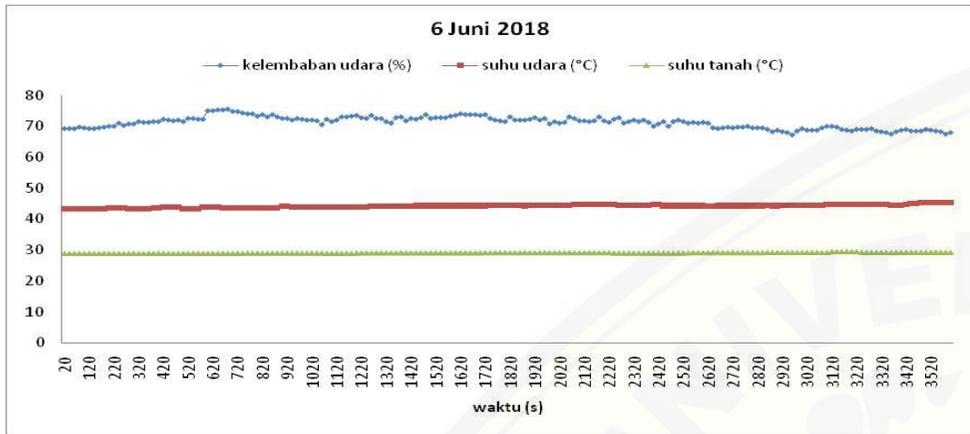
4.1. Grafik Data Pendukung pada Percobaan 1





4.2. Grafik Data Pendukung pada Percobaan 2





4.3 Bentuk Perakaran pada Tanaman Tomat Mawar



Sampel 1



Sampel 2



Sampel 3