

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sifat Fisik Tanah

2.1.1 Kerapatan Isi Tanah (*BD*)

Kerapatan isi tanah (Islami dan Utomo, 1995). atau *Bulk Density* (*BD*) adalah nisbah antara massa total tanah dalam keadaan kering (*M_{tk}*) dengan volume total tanah (*V_t*) atau dapat ditulis :

$$BD = \frac{M_{tk}}{V_t} \dots\dots\dots(1)$$

keterangan:

BD : *bulk density*/kerapatan isi (*gr/cm³*)

M_{tk} : massa total tanah dalam keadaan kering (*gr*)

V_t : Volume total tanah dalam keadaan kering (*cm³*)

2.1.2 Tekstur Tanah

Tekstur tanah ialah komposisi partikel-partikel penyusun suatu tanah yang terdiri dari fraksi pasir, debu, dan liat. Ada beberapa penggolongan atau klasifikasi partikel berdasarkan ukuran yang membatasi masing-masing partikel tersebut. Fraksi pasir kasar memiliki diameter 0.20 – 2.00 mm, fraksi pasir halus memiliki diameter 0.02 – 0.20 mm, fraksi debu memiliki diameter 0.002 – 0.02 mm, dan fraksi liat memiliki diameter kurang dari 0.002 mm. Penentuan tekstur tanah dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu dengan metode perasaan (*feeling*

method), metode pipet, metode hydrometer, dan metode segitiga tekstur (A. Christanti, Riza, Utami, dan Widiyanto, 2012).

Tanah berpasir yaitu tanah yang memiliki kandungan pasir > 70%, porositasnya rendah <40%, sebagian besar ruang porinya adalah pori makro sehingga memiliki aerasi yang baik dan memiliki zat hara yang rendah. Tanah bertekstur liat jika memiliki kandungan liatnya >35%, porositasnya relatif tinggi 60%, sehingga memiliki daya hantar air sangat lambat dan sirkulasi udara yang kurang lancar (Islami dan Utomo, 1995).

Kemampuan tanah untuk menahan air yang terlalu besar mengakibatkan aerasi kurang, sehingga pertumbuhan tanaman akan terhambat. Oleh karena itu, jika air dalam media terlalu banyak justru menghambat pertumbuhan.. Komposisi media tanam menunjukkan pengaruh yang sangat nyata pada tinggi tanaman, jumlah daun, indeks luas daun, bobot basah, bobot kering serta pada panjang akar (Mechram, 2006).

2.1.3 Pengukuran Kadar Air Tanah

A. Metode Gravimetrik

Metode ini menyatakan kandungan air dalam tanah (kelengasan tanah) dalam persen berat air (dalam tanah tersebut) terhadap berat tanah kering (kering oven, 100 – 110°C). Rumus yang digunakan yaitu :

$$KA_{(m)} = \frac{BB-BK}{BK} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

$KA_{(m)}$ = Kadar air basis massa (%)

BB = Berat basah (gr)

BK = Berat Kering (gr)

B. Metode Daya Hantar Listrik/Metode Tahanan (*Resistance Method*)

Metode ini menggunakan bahan porous seperti gipsum, nilon, atau fiberglass memiliki tahanan listrik yang berhubungan dengan kandungan airnya. Jika blok bahan tersebut dihubungkan dengan elektroda, dan kemudian ditempatkan tanah basah di atasnya, maka blok bahan tersebut akan menyerap air sampai mencapai kesetimbangan. Tahanan listrik blok ditentukan oleh kandungan air. Hubungan antara pembacaan tahanan dan kandungan air dapat ditentukan melalui kalibrasi. Akurasi pembacaan kelengasan dalam kisaran 1-15 bar.

C. Metode Tegangan

Metode ini menggunakan tensiometer lapangan, yaitu mengukur tegangan dimana air diikat/dipegang oleh matriks tanah. Kisaran kemampuannya untuk mengukur kelengasan tanah antara 0–0.8 bar. Ada juga yang disebut *tension plate* untuk kondisi di laboratorium. Tanah ditempatkan pada piring porous kemudian dilakukan penghisapan (*suction*). Kisaran ukurannya 0-1 bar. Selain itu dapat juga menggunakan *pressure membrane*, menggunakan piring porous yang tahan sampai tekanan 100 bars (Martinus, Mudjiharjati, Suyono dan Wustamidin, 2003).

2.2 Irigasi

Irigasi merupakan usaha penambahan air pada saat cadangan air di dalam tanah tidak mencukupi. Manfaat dari tersedianya air irigasi antara lain adalah untuk :

1. Membasahi tanah dengan maksud air dapat diabsorpsi oleh susunan akar tanaman, sehingga kebutuhan tanaman akan air untuk keperluan pertumbuhannya terpenuhi.

2. Memelihara kelembaban tanah dan udara, yaitu menciptakan lingkungan yang sesuai bagi pertumbuhan tanaman.
3. Mempermudah pekerjaan pengolahan tanah.
4. Membantu usaha pencucian zat-zat di dalam tanah yang tidak dikehendaki.
5. Membantu proses pemupukan.
6. Mencegah pertumbuhan gulma (Sumarna, 1998).

2.2.1 Irigasi Tetes

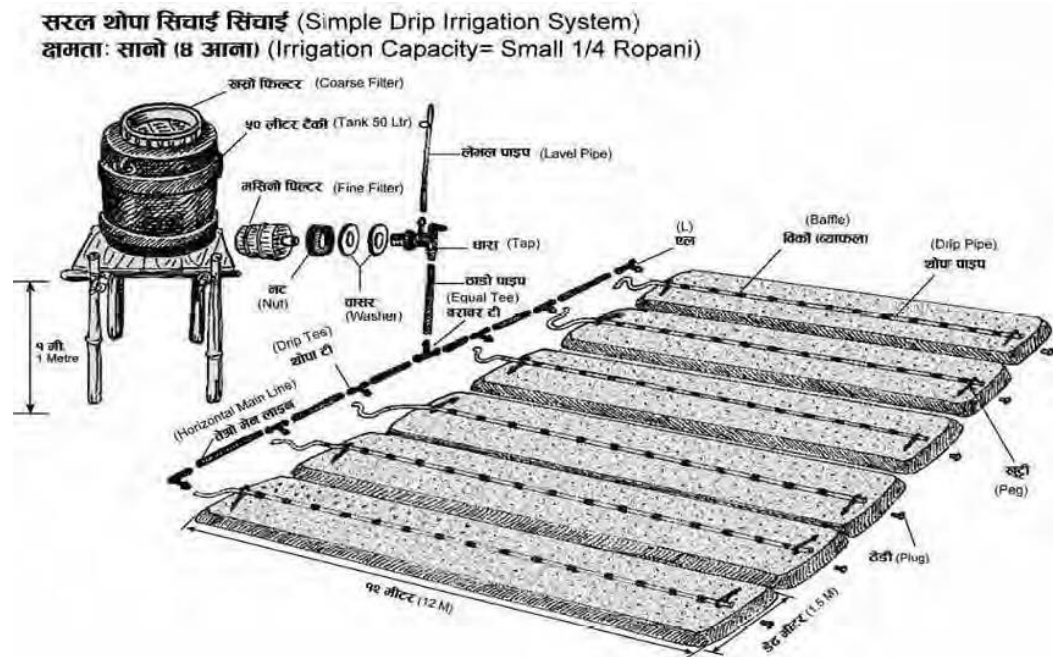
Irigasi tetes adalah sistem irigasi yang bekerja hampir terus menerus dengan debit aliran yang kecil. Irigasi tetes hanya membasahi sebagian kecil zona akar potensial. Akar pada zona tersebut dapat menyerap air dengan cepat karena potensial air yang tinggi, ketersediaan air, dapat dipertahankan. Keuntungan utama dari irigasi tetes adalah penghematan jumlah air yang digunakan.

Keuntungan lainnya yaitu dapat diterapkan pada daerah yang sangat curam dan kemampuan untuk mempertahankan potensi air tanah lebih seragam (Foth, 1998).

Skema rancangan irigasi tetes tersusun dari berbagai komponen, yaitu pipa utama, pipa sub-utama, pipa lateral, alat penetes (*emitter*), pompa air, saringan, katup-katup, pengontrol tekanan, dan umumnya dilengkapi dengan alat injektor pupuk (Gambar 1).

Setiap tanaman secara langsung akan menerima air irigasi melalui penetes yang dipasang pada pipa lateral dan terletak di atas perakaran tanaman. Permukaan tanah akan menerima air berupa tetesan-tetesan yang debitnya tergantung kepada tekanan yang diberikan. Tekanan yang diberikan umumnya rendah (1 sampai 3

atmosfer), dengan mengatur besarnya tekanan sistem irigasi ini mampu memberikan jumlah serta kecepatan pemberian air yang sesuai dengan kebutuhan tanaman (Sumarna, 1998).



Gambar 1. Skema sistem irigasi tetes

2.2.2 Hidrolika Irigasi Tetes

Irigasi tetes adalah metode pemberian air irigasi yang mampu memberikan efisiensi yang tinggi dalam penggunaan air dan juga hasil produksi yang tinggi. Irigasi tetes umumnya digunakan untuk tanaman sayuran (hortikultura). Pada penelitian Sapei dan Kusumawati (2003) mempelajari pengaruh irigasi tetes berkelanjutan dengan menggunakan satu *emitter* dan dua *emitter* pada penyebaran air dan hasil produksi tanaman, menunjukkan hasil bahwa irigasi dengan menggunakan dua buah *emitter* memberikan hasil tanaman yang lebih tinggi dan

daun yang lebih banyak daripada menggunakan satu buah *emitter*. Pada umumnya, irigasi yang berkelanjutan (*continuous*) memberikan dampak yang lebih baik dibandingkan irigasi secara terputus-putus.

Pada metode irigasi tetes air dialirkan melalui suatu jaringan pipa, yang biasanya terdiri dari pipa utama, sub-utama dan pipa lateral, untuk selanjutnya dikeluarkan melalui penetes ke daerah perakaran tanaman. Aliran air dalam pipa-pipa tersebut akan menimbulkan gaya yang bekerja pada dinding pipa sebelah dalam. Gaya tersebut terdiri dari: (1) gaya statis, yang selalu terdapat pada dinding pipa meskipun air tidak mengalir, dan (2) tegangan geser, yaitu gaya yang ditimbulkan oleh gerakan air sebagai akibat dari energi kinetis. Tegangan geser yang bekerja pada dinding pipa menimbulkan gesekan pada permukaan itu. Selama mengalir di dalam pipa, aliran akan kehilangan tekanan sama besar dengan yang digunakan untuk mengatasi gesekan tersebut. Perhitungan tekanan yang hilang akibat gesekan sangat ditentukan oleh karakteristik aliran sepanjang pipa (Sumarna, 1998).

2.2.3 Keuntungan Irigasi Tetes

Keuntungan menggunakan teknologi irigasi tetes dibandingkan dengan penyiraman tanaman secara manual antara lain adalah sebagai berikut: (Kasiran, 2006).

1. Peralatan yang digunakan (khususnya pipa distribusi) sudah teruji tahan lama, tahan terhadap segala cuaca, bahan kimia, tekanan dari dalam dan dari luar, dan anti karat karena terbuat dari polyethylen.
2. Dapat bekerja pada tekanan rendah, artinya tidak memerlukan tenaga mesin pompa yang besar.

3. Sangat efisien dalam penggunaan air, karena air dialirkan ke tanaman tetes demi tetes dan dapat diatur sesuai kebutuhan tanaman dan dapat diusahakan menuju otomatisasi irigasi.
4. Dapat mencegah kehilangan pupuk pada zona perakaran karena tercuci (leaching).
5. Dapat mengurangi resiko kerusakan tanaman akibat penyiraman, seperti tanaman roboh/patah karena tertimpa slang, dan sebagainya
6. Kegiatan budidaya tidak lagi tergantung pada musim, lahan dapat ditanami sepanjang tahun sehingga indeks penanaman meningkat.
7. Dapat menekan penggunaan dan biaya tenaga kerja.

Efisiensi pemakaian air dengan sistem irigasi tetes pada pertanaman sayuran dapat mencapai antara 90 – 100 persen, bila dilaksanakan dengan cermat, terampil dan beraturan (Sumarna, 1998). Penelitian lainnya tentang irigasi tetes juga telah dilakukan dengan menggunakan *emitter* jenis *line sources*, yaitu berupa kain polyester, yang menunjukkan tingkat keseragaman yang cukup tinggi dengan nilai keseragaman penyebaran sebesar 74,6% (Afriyana, Tusi, dan Oktafri, 2012).

2.2.4 Keseragaman Irigasi Tetes

Keseragaman irigasi tetes berdasarkan rumus Christiansen (1942) dapat dihitung sebagai berikut:

$$CU = \left\{ 1 - \frac{\sum(x_i - \bar{x})}{\sum x_i} \times 100\% \right\} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

CU : *coefficient uniformity*/koefisien keseragaman irigasi (%)

x_i : volume air pada wadah ke i (ml)

\bar{x} : nilai rata-rata dari volume air pada wadah (ml)

$\Sigma(x_i - \bar{x})$: jumlah deviasi absolut rata-rata pengukuran (ml)

Rumus GW Assough and GA Kiker (2002)

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \dots\dots\dots(4)$$

$$SU = (1 - CV) \times 100 \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

CV : koefisien variasi (%)

s : standar deviasi

SU : *statistical uniformity*/keseragaman statistik (%)

Tabel 1. Kriteria keseragaman irigasi tetes (Priyono, 2013).

Kriteria Keseragaman Irigasi Tetes	Coefficien Uniformity (CU) (%)	Statistical Uniformity (SU) (%)
Sangat Baik	94 – 100	95 – 100
Baik	81 – 87	85 – 90
Cukup Baik	68 – 75	75 – 80
Jelek	56 – 62	65 – 70
Tidak Layak	<50	<60

2.3 Mikrokontroler

2.3.1 Arduino

Mikrokontroler Arduino merupakan sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Secara umum Arduino terdiri dari dua bagian, yaitu:

1. Hardware, yaitu papan input/output (I/O).
2. Software; meliputi Arduino Integrated Development Environment (IDE) untuk menulis program, *driver* untuk koneksi dengan komputer, contoh program dan *library* untuk pengembangan program.

Banyak projek dan alat-alat dikembangkan oleh akademisi dan profesional dengan menggunakan Arduino, selain itu juga terdapat banyak modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak lain untuk bisa disambungkan dengan Arduino. Arduino berevolusi menjadi sebuah platform serta menjadi pilihan dan acuan bagi banyak praktisi. Diagram rangkaian elektronik arduino bersifat gratis, sehingga dapat digunakan oleh semua orang. Keunggulan mikrokontroler arduino dibandingkan dengan mikrokontroler lainnya, yaitu: 1) lebih murah, 2) dapat beroperasi lintas *platform*, 3) sangat mudah dipelajari dan digunakan, dan 4) sistem yang terbuka, baik dari sisi hardware dan softwarena. Mikrokontroler arduino terdiri dari berbagai jenis, seperti: Arduino Uno, Arduino Mega, Arduino Fio, Arduino Lilypad, Arduino Mini, dan Arduino Nano (Arduino.cc, 2014).

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini membuat sistem kontrol otomatis memiliki peranan penting. Hal ini akan memberikan kemudahan untuk mendapatkan kinerja yang efisien dalam sistem yang dinamis. Kontrol otomatis

dapat mengurangi pekerjaan rutin yang selalu dilakukan oleh operator. Salah satu contoh kontrol otomatis adalah mikrokontroler ATmega328P. Fungsi sistem kontrol otomatis adalah untuk mengatur dan merekam data kemudian menyimpannya.

Sistem kontrol otomatis terdiri dari perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Hardware terdiri dari beberapa sensor, mikrokontroler, jam, kartu memori, *relay*, baterai dan katup solenoid. Software adalah sebuah program untuk mikrokontroler yang menggunakan bahasa pemrograman C / C++ (Arriska, dkk., 2013).

2.3.2 Modul Pendukung

Soil Moisture Sensor

Kelembaban tanah adalah jumlah air yang ditahan di dalam tanah setelah kelebihan air dialirkan. Sensor kelembaban tanah adalah sensor yang mampu mendeteksi kandungan air tanah melalui pengukuran kelembaban tanah. Prinsip kerja sensor kelembaban tanah adalah memberikan nilai keluaran berupa besaran listrik sebagai akibat adanya air yang berada di antara lempeng kapasitor sensor tersebut. Untuk mendapatkan hasil pembacaan sensor kelembaban tanah, sensor dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino dengan dimasukkan perintah program di dalamnya. Lakukan kalibrasi terlebih dahulu dengan membuat grafik hubungan antara pembacaan nilai pada sensor dengan persentase kandungan air yang sebenarnya, agar dapat diperoleh persamaan yang dapat dimasukkan pada perintah program (Eva, Ramadhan, Septiana, dan Saputro, 2013).

Relay

Keluaran dari hasil pembacaan sensor kelembaban tanah dapat dimodifikasi menjadi sinyal kendali *on/off* pada *relay* sesuai dengan batas minimum dan maksimum kelembaban yang diinginkan. Keluaran logika pada alat dapat digunakan untuk mengendalikan perangkat luar, misalnya pompa air (Stevanus dan Setiadikarunia, 2013).

Berdasarkan hasil penelitian Rizal (2012), didapatkan bahwa:

1. Penerapan sistem kontrol pada irigasi menghasilkan akurasi waktu yang tinggi dan memberikan respon sesuai dengan input pada kontrol.
2. Sistem kontrol waktu yang diterapkan pada irigasi tetes dapat memberikan air sesuai dengan kebutuhan air tanaman.
3. Respon waktu sistem kontrol dapat diatur sesuai dengan pengaturan waktu yang akan diberikan.

Data Logger dan Real Time Clock (RTC)

Perekaman data adalah proses pengumpulan data dari sensor dengan tujuan pengarsipan atau tujuan analisis. *Data logger* merupakan perangkat elektronik yang mampu merekam otomatis data tersebut secara *continue*. Penelitian tentang prinsip kerja *data logger* telah dilakukan oleh Lysbetti dan Ervianto (2012), yaitu *data logger* sensor suhu berbasis Mikrokontroler ATmega 8535. Dari penelitian tersebut diketahui bahwa *data logger* sensor suhu dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan, yaitu dapat berfungsi sebagai pencatat suhu dengan waktu pencatatan suhu setiap detik. Hasil pencatatan suhu ditampilkan secara terus-menerus sesuai perintah yang dimasukkan.

RTC mampu memberikan informasi waktu dan tanggal dari setiap proses yang terjadi pada program kemudian mentransfernya sebagai data untuk direkam oleh *data logger*. Pada penelitian Setiono, Puranto, dan Widiyatmoko (2010) menggunakan *MMC/SD Card* berkapasitas 2 GB untuk menyimpan hasil perekaman data dalam bentuk file text. Data logger bekerja dengan cara mendeteksi perubahan tegangan keluaran sensor.