

**PENERAPAN SISTEM KONTROL SUHU DAN  
KELEMBAPAN PADA *GREENHOUSE***

**RESKYANTO ARI  
G041 19 1015**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

**PENERAPAN SISTEM KONTROL SUHU DAN  
KELEMBAPAN PADA *GREENHOUSE***

**RESKYANTO ARI  
G041191015**



Skripsi  
Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Teknologi Pertanian  
Pada  
Departemen Teknologi Pertanian  
Fakultas Pertanian  
Universitas Hasanuddin

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PENERAPAN SISTEM KONTROL SUHU DAN KELEMBAPAN PADA *GREENHOUSE*

Disusun dan diajukan oleh

**RESKYANTO ARI**

**G0411 91 015**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada tanggal 8 November 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Pembimbing Utama

Menyetujui,

Pembimbing Pendamping

Dr. Ir. Sitti Nur Faridah, M.P.  
NIP. 19681007199303 2 002

Muhammad Tahir Sapsal, S.TP., M.Si.  
NIP. 19840716 201212 1 002

Ketua Program Studi  
Teknik Pertanian



Divah Yumeina, S.TP., M.Agr., Ph.D  
NIP. 19810129200912 2 003

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Reskyanto Ari  
Nim : G041191015  
Program Studi : Teknik Pertanian  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa skripsi dengan judul Penerapan Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan pada *Greenhouse* ini adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari skripsi karya saya ini membuktikan bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 8 November 2023

Yang Menyatakan,

  
(Reskyanto Ari)

## ABSTRAK

RESKYANTO ARI (G041191015). Penerapan Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan pada *Greenhouse*. Pembimbing SITTI NUR FARIDAH dan MUHAMMAD TAHIR SAPSAL.

Perubahan iklim yang terjadi secara global telah berdampak langsung terhadap berbagai sektor, salah satunya pada sektor pertanian. Hal ini menyebabkan iklim yang tidak menentu, dimana terkadang terjadi peningkatan suhu yang secara drastis begitu pun sebaliknya. Demi pengantisipasi perubahan iklim tersebut, maka dapat digunakan *greenhouse*. Selain berfungsi sebagai rumah tanam, *greenhouse* juga berfungsi untuk merekayasa iklim sekitar. Tujuan penelitian ini, yaitu dapat mengetahui efektivitas penerapan sistem kontrol suhu dan kelembapan pada *greenhouse*, mengetahui cara penerapan IoT dengan menggunakan *Thingspeak* dan untuk mengetahui perbedaan produktivitas tanaman berdasarkan perlakuan yang diberikan. Adapun metode yang dilakukan yaitu perakitan irigasi kabut, perakitan sistem kontrol dan *monitoring*, pengujian kontrol dan *monitoring* serta analisis data pertumbuhan tanaman. Adapun hasil yang diperoleh yaitu kontrol dapat digunakan pada beberapa *set point*, suhu dan kelembapan dalam *greenhouse* lebih stabil dibanding luar *greenhouse*, data yang hilang sebesar 26,04%, rata-rata *delay* 115,537, *overshoot* sebesar 1,38% untuk kelembapan dan suhu 1,18 %, *settling time* 2 menit 45 detik, suhu dan kelembapan stabil dengan *error steady state* masih dalam batas toleransi, setiap perlakuan suhu dan kelembapan dapat mempengaruhi penambahan air, biomassa dan EPA. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengontrolan suhu dan kelembapan relatif stabil dan pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh suhu, kelembapan serta kadar air.

**Kata Kunci:** Biomassa, *Greenhouse*, Iklim, Kontrol, *Thingspeak*.

## ***ABSTRACT***

RESKYANTO ARI (G041191015). *Application of Temperature and Humidity Control System in Greenhouse*. Supervisors: SITTI NUR FARIDAH and MUHAMMAD TAHIR SAPSAL.

*Climate change that occurs globally has had a direct impact on various sectors, one of which is the agricultural sector. This has led to an erratic climate, where sometimes there is a drastic increase in temperature and vice versa. In order to anticipate climate change, greenhouses can be used. In addition to functioning as a planting house, greenhouses also serve to the surrounding climate. The purpose of this research is to determine the effectiveness of the application of temperature and humidity control systems in greenhouses, know how to implement IoT by using Thingspeak and to know the difference in plant productivity based on the treatment given. given. The methods carried out are fog irrigation assembly, assembly of control and monitoring system, control and monitoring testing, and analysis of plant growth data and analysis of plant growth data. The results obtained are control can be used at several set points, temperature and humidity inside the greenhouse is more stable than outside the greenhouse, data lost data of 26.04%, average delay of 115.537, overshoot of 1.38% for humidity and for temperature, settling time of 2 minutes 45 seconds, temperature and humidity are stable with steady state errors still within tolerance limits, each temperature and humidity treatment can affect the addition of water, biomass and EPA. So it can be concluded that controlling temperature and humidity is relatively stable and plant growth is influenced by temperature, humidity and moisture*

**Keywords:** *Biomass, Greenhouse, Climate, Control, Thingspeak.*

## PERSANTUNAN

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang maha Esa. Dengan berkat dan anugerah-Nya, sehingga penulis dapat sampai ke tahap ini. Penyelesaian skripsi ini dengan judul “Penerapan Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan pada *Greenhouse*” tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih setulusnya kepada:

1. **Ayahanda John Mari’, Ibunda Agustina Banne Tondok dan Kakak Cornelius Ari** terima kasih atas setiap doa, kasih sayang serta dukungan moral dan materi kepada penulis hingga bisa sampai di tahap ini.
2. **Dr. Ir. Sitti Nur Faridah, MP.** dan **Muhammad Tahir Sapsal STP, M.Si.** selaku dosen pembimbing yang meluangkan waktunya untuk memberikan kritikan, saran, dan segala arahan yang telah diberikan dari tahap proposal, pelaksanaan penelitian hingga penyusunan skripsi selesai.
3. **Fernando, Ferialdi, Agil Ricki Paliling, Sultan Erlangga, Rul, Selpiah, Veronica Tandipasang, Nurul Aulyah, Nurul Wahyuni, Destriana Mayo Elsa, Harvhianti Haruki dan Teman Piston** yang telah memberikan banyak dukungan serta bantuan dalam proses penelitian.

Penulis berharap semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi pembacanya dan Tuhan senantiasa membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu. Amin.

Makassar, 8 November 2023

Reskyanto Ari

## RIWAYAT HIDUP



**Reskyanto Ari** lahir di Parepare pada Tanggal 13 Maret 2001 dan merupakan anak keempat dari empat bersaudara dari pasangan Bapak John Mari' dan Ibu Agustina Banne Tondok. Penulis menempuh jenjang pendidikan formal pertama di SD Kristen 1 Parepare pada tahun 2007 sampai 2013, kemudian melanjutkan pendidikan di SMPN 2 Parepare pada tahun 2013 sampai 2016 dan berlanjut ke tingkat selanjutnya di SMAN 1 Parepare pada tahun 2016 sampai 2019. Setelah menyelesaikan pendidikan di tingkat SMA, penulis kemudian melanjutkan pendidikannya di tingkat mahasiswa program studi Teknik Pertanian, Departemen Teknologi Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar pada tahun 2019.

Selama menempuh pendidikan di Universitas Hasanuddin, penulis aktif dalam organisasi kampus sebagai pengurus di Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian (HIMATEPA) periode 2019/2020 dan pengurus di PMK Fapertahut periode 2020/2021. Selain itu penulis juga menjadi asisten laboratorium praktikum dibawah naungan *AgriculTural Engineering Study Club (TSC)*.



## DAFTAR ISI

|                                                   |      |
|---------------------------------------------------|------|
| SAMPUL.....                                       | iii  |
| HALAMAN JUDUL.....                                | iii  |
| LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....                    | iv   |
| PERNYATAAN KEASLIAN.....                          | iii  |
| ABSTRAK.....                                      | v    |
| <i>ABSTRACT</i> .....                             | vi   |
| PERSANTUNAN.....                                  | vii  |
| RIWAYAT HIDUP .....                               | viii |
| DAFTAR ISI.....                                   | ix   |
| DAFTAR GAMBAR.....                                | xiii |
| DAFTAR TABEL .....                                | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                             | xiv  |
| 1. PENDAHULUAN.....                               | 1    |
| 1.1 Latar Belakang.....                           | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                          | 2    |
| 1.3 Batasan Masalah .....                         | 2    |
| 1.4 Tujuan dan Kegunaan .....                     | 3    |
| 1.5 Parameter Penelitian.....                     | 3    |
| 2. TINJAUAN PUSTAKA.....                          | 4    |
| 2.1 Sistem Kontrol .....                          | 4    |
| 2.2 Kontrol <i>On/Off</i> .....                   | 5    |
| 2.2.1 Mikrokontroler .....                        | 5    |
| 2.2.2 Arduino.....                                | 5    |
| 2.2.3 LCD ( <i>Liquid Crystal Display</i> ) ..... | 6    |
| 2.2.4 <i>Relay</i> .....                          | 7    |
| 2.2.5 ESP-32 .....                                | 7    |
| 2.3 Pakcoy ( <i>Brassica rapa</i> L.) .....       | 8    |
| 2.4 <i>Greenhouse</i> .....                       | 9    |
| 2.5 Iklim Mikro.....                              | 10   |
| 2.6 <i>Internet of Things</i> (IoT) .....         | 11   |

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.7 DHT-22 .....                                                                 | 11 |
| 2.8 <i>Blower</i> .....                                                          | 12 |
| 2.9 <i>Soil Moisture Meter (SMM)</i> .....                                       | 12 |
| 2.10 <i>Thingspeak</i> .....                                                     | 13 |
| 2.11 <i>Misting</i> .....                                                        | 13 |
| 2.12 Pompa .....                                                                 | 14 |
| 2.13 Kapasitas Lapang dan Kadar Air Tanah .....                                  | 14 |
| 2.14 Efisiensi Penggunaan Air (EPA) .....                                        | 15 |
| 3. METODE PENELITIAN .....                                                       | 16 |
| 3.1 Waktu dan Tempat .....                                                       | 16 |
| 3.2 Alat dan Bahan .....                                                         | 16 |
| 3.3 Prosedur Penelitian .....                                                    | 16 |
| 3.3.1 Studi Literatur .....                                                      | 16 |
| 3.3.2 Perakitan Irigasi Kabut .....                                              | 16 |
| 3.3.3 Perakitan Sistem Kontrol dan <i>Monitoring</i> .....                       | 17 |
| 3.3.3.1 Perancangan <i>Hardware</i> .....                                        | 17 |
| 3.3.3.2 Perancangan Sistem Kendali <i>On/Off</i> .....                           | 19 |
| 3.3.3.3 Perancangan Sistem <i>Monitoring</i> .....                               | 20 |
| 3.3.3.4 Sistematika IoT Menggunakan <i>Thingspeak</i> .....                      | 21 |
| 3.3.4 Menentukan Rancangan Fungsional .....                                      | 21 |
| 3.3.5 Uji Fungsional .....                                                       | 22 |
| 3.3.6 Uji Kinerja .....                                                          | 23 |
| 3.3.7 Analisis Data .....                                                        | 23 |
| 3.4 Perlakuan dalam Penelitian .....                                             | 25 |
| 3.5 Bagan Alir Penelitian .....                                                  | 27 |
| 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....                                                    | 28 |
| 4.1 Gambaran Umum Penelitian .....                                               | 28 |
| 4.2 Hasil Perakitan Sistem Kontrol dan <i>Monitoring</i> .....                   | 29 |
| 4.3 Hasil Uji Fungsional .....                                                   | 31 |
| 4.3.1 Pengujian Kontrol .....                                                    | 31 |
| 4.3.2 Perbandingan Suhu dan Kelembapan <i>Greenhouse</i> dan<br>Lingkungan ..... | 32 |

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3.3 Pengujian <i>Packet Loss</i> .....                                          | 33 |
| 4.3.4 Pengujian <i>Delay</i> .....                                                | 34 |
| 4.4 Hasil Uji Kinerja .....                                                       | 34 |
| 4.4.1 Respon <i>Transient</i> Suhu dan Kelembapan pada <i>Greenhouse</i> .....    | 34 |
| 4.4.2 Respon <i>Steady State</i> Suhu dan Kelembapan pada <i>Greenhouse</i> ..... | 35 |
| 4.5 Penambahan Air .....                                                          | 36 |
| 4.6 Biomassa .....                                                                | 37 |
| 4.7 Efisiensi Penggunaan Air (EPA) .....                                          | 38 |
| 5. PENUTUP .....                                                                  | 39 |
| Kesimpulan .....                                                                  | 39 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1. Sistem kontrol loop tertutup ( <i>close loop</i> ) .....                   | 4  |
| Gambar 2. Arduino Uno.....                                                           | 6  |
| Gambar 3. ESP-32.....                                                                | 8  |
| Gambar 4. <i>Greenhouse</i> .....                                                    | 10 |
| Gambar 5. Sensor DHT-22.....                                                         | 12 |
| Gambar 6. Sensor <i>Soil Moisture Meter</i> .....                                    | 13 |
| Gambar 7. Tampilan grafik <i>Thingspeak</i> .....                                    | 13 |
| Gambar 8. <i>Misting</i> .....                                                       | 14 |
| Gambar 9. Pompa DC.....                                                              | 14 |
| Gambar 10. Rancangan <i>hardware</i> sistem kontrol suhu dan kelembapan.....         | 17 |
| Gambar 11. Sistem kontrol loop tertutup ( <i>close loop</i> ).....                   | 18 |
| Gambar 12. Diagram alir sistem kontrol <i>on/off</i> kelembapan .....                | 19 |
| Gambar 13. Diagram alir sistem kontrol <i>on/off</i> suhu dengan <i>blower</i> ..... | 19 |
| Gambar 14. Diagram alir sistem kontrol <i>on/off</i> suhu dengan lampu .....         | 20 |
| Gambar 15. Skema sistem <i>monitoring</i> .....                                      | 20 |
| Gambar 16. Desain penelitian .....                                                   | 25 |
| Gambar 17. Bagan alir penelitian .....                                               | 26 |
| Gambar 18. Tampak belakang dan tampak depan <i>greenhouse</i> .....                  | 28 |
| Gambar 19. Hasil perakitan sistem kontrol suhu dan kelembapan .....                  | 30 |
| Gambar 20. Tampilan <i>monitoring</i> melalui <i>Thingspeak</i> .....                | 30 |
| Gambar 21. Pengujian sistem kontrol kelembapan .....                                 | 31 |
| Gambar 22. Pengujian sistem kontrol suhu.....                                        | 32 |
| Gambar 23. Perbandingan kelembapan <i>greenhouse</i> dan lingkungan .....            | 32 |
| Gambar 24. Perbandingan suhu <i>greenhouse</i> dan lingkungan .....                  | 33 |
| Gambar 25. Respon <i>transient</i> kelembapan .....                                  | 34 |
| Gambar 26. Respon <i>transient</i> suhu.....                                         | 34 |
| Gambar 27. <i>Error steady state</i> kelembapan.....                                 | 35 |
| Gambar 28. <i>Error steady state</i> suhu.....                                       | 35 |
| Gambar 29. Penambahan air pada setiap perlakuan .....                                | 36 |
| Gambar 30. Biomassa setiap perlakuan .....                                           | 37 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1. Rancangan fungsional .....                              | 21 |
| Tabel 2. Penunjukan desain penelitian .....                      | 25 |
| Tabel 3. Dimensi setiap <i>greenhouse</i> dan irigasi kabut..... | 26 |
| Tabel 4. Persentase data terkirim dan data yang hilang .....     | 33 |
| Tabel 5. Rata-rata <i>delay</i> .....                            | 34 |
| Tabel 6. Efisiensi penggunaan air setiap perlakuan .....         | 37 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| Lampiran 1. Pengukuran Respon <i>Transient</i> .....       | 43 |
| Lampiran 2. Pengukuran Respon <i>Steady State</i> .....    | 44 |
| Lampiran 3. Pengujian <i>Packet Loss</i> Harian .....      | 45 |
| Lampiran 4. Rata-rata Suhu dan Kelembapan.....             | 46 |
| Lampiran 5. Rata-rata Penambahan Air Setiap Perlakuan..... | 47 |
| Lampiran 6. Biomassa .....                                 | 48 |
| Lampiran 7. Dokumentasi Penelitian .....                   | 50 |
| Lampiran 8. Bahasa Program .....                           | 54 |

# 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Perubahan iklim yang terjadi secara global telah berdampak langsung terhadap berbagai sektor, salah satunya pada sektor pertanian. Hal ini menyebabkan iklim yang tidak menentu, dimana terkadang terjadi peningkatan suhu yang secara drastis begitu pun sebaliknya. Pertumbuhan tanaman tidak terlepas dari suhu dan tingkat kelembapan dari lingkungan sekitarnya. Mulai dari proses penyemaian hingga usia panen, suhu dan kelembapan tanaman harus tetap terjaga agar pertumbuhannya tidak terhambat sehingga dapat meningkatkan produktivitas tanaman.

Berdasarkan data BPS pada tahun 2021, produksi sawi di Indonesia mencapai 727.467 ton, tetapi berdasarkan persentasenya Sulawesi Selatan hanya memproduksi 15.590 ton atau 2,14% dari produksi nasional. Oleh karena itu, perlu untuk meningkatkan produksi pakcoy. Dalam budidaya pakcoy, dibutuhkan suhu rata-rata 15-35 °C dan kelembapan udara dengan rentang 80% hingga 90% (Cahyono, 2003). Rentang nilai tersebut dapat diterapkan pada sistem kendali *greenhouse*, dengan menetapkan *set point* yang dibutuhkan. Sensor akan membaca suhu dan kelembapan dalam *greenhouse* yang selanjutnya akan terjadi aksi baik itu *blower*, lampu (berfungsi sebagai *heater*) atau pompa yang akan *on* atau *off*.

Demi pengantisipasi perubahan iklim tersebut, maka dapat digunakan *greenhouse*. Selain berfungsi sebagai rumah tanam, *greenhouse* juga berfungsi untuk rekayasa iklim secara mikro. Pengembangan *greenhouse* telah banyak dilakukan guna merekayasa kondisi lingkungan yang tidak stabil. Perkembangan teknologi telah memberikan dampak positif dalam budi daya tanaman di *greenhouse* berupa *smart greenhouse* yang dilengkapi dengan kontrol atau sistem kendali. Pengendalian tersebut dapat dilakukan pada beberapa hal, baik itu suhu maupun kelembapan. Korelasi kedua parameter tersebut akan berbanding terbalik, yaitu saat suhu ruang naik, maka kelembapan akan turun dan saat suhu ruang turun, maka kelembapan akan naik. Akan tetapi, terdapat kendala dimana para petani yang memiliki *greenhouse* tidak dapat mengontrol atau memantau kondisi di dalam *greenhouse* secara terus-menerus, sehingga diperlukannya sebuah sistem untuk dapat memonitoring kondisi di dalam *greenhouse* yang berbasis internet.

Teknologi *Internet of Things* (IoT) berupa teknologi yang memanfaatkan internet sebagai sarana penyampaian data lapangan kepada pengguna. Dalam penyampaian data nilai ukur di lapangan, maka dibutuhkan sensor untuk dapat membaca kondisi lapangan. Sistem IoT dapat diimplementasikan ke dalam rancangan *greenhouse*. Hal ini dikarenakan dalam *greenhouse* dapat dikontrol dan dimonitoring data suhu dan kelembapannya. Penerapan IoT dapat dilakukan dengan berbagai *platform* salah satunya, yaitu *platform Thingspeak*.

Berdasarkan pernyataan tersebut maka penelitian mengenai Penerapan Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan pada *Greenhouse* perlu dilakukan agar dapat mengetahui manfaat dari penerapan pengontrolan suhu dan kelembapan serta sistem IoT dalam meningkatkan produktivitas dari tanaman pakcoy.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

- a. Bagaimana sistem kontrol *on/off* suhu dan kelembapan pada *greenhouse*?
- b. Bagaimana sistem IoT dalam *memonitoring* data?
- c. Bagaimana pengaruh pemberian perlakuan pengontrolan suhu dan kelembapan pada *greenhouse* terhadap produktivitas pakcoy?

## **1.3 Batasan Masalah**

Adapun yang menjadi batasan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

- a. Sistem pengontrol yang digunakan yaitu sistem *on/off*.
- b. *Platform* yang digunakan untuk *monitoring* suhu dan kelembapan yaitu *Thingspeak*.
- c. Suhu *greenhouse* pada perlakuan X yaitu 27-36 °C dan kelembapan 80-90%.
- d. Suhu *greenhouse* pada perlakuan Y yaitu 30-40 °C dan kelembapan 70-80%.
- e. Kelembapan dan suhu lingkungan berdasarkan pembacaan dari sensor DHT-22 (sebagai perlakuan Z).
- f. Dalam penelitian ini menggunakan tanaman pakcoy yang berumur 15 hari (tanaman siap pindah tanam)
- g. Kadar air standar (mula-mula) yang digunakan yaitu 20%.
- h. Uji produktivitas dilakukan dengan perbandingan biomassa dari setiap perlakuan (X, Y dan Z).



## 1.4 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan penelitian ini, yaitu dapat mengetahui efektivitas penerapan sistem kontrol suhu dan kelembapan pada *greenhouse*, mengetahui cara penerapan IoT dengan menggunakan *Thingspeak* dan untuk mengetahui perbedaan produktivitas tanaman berdasarkan perlakuan yang diberikan.

Kegunaan dari penelitian ini, yaitu agar dapat dijadikan sebagai acuan bagi petani atau peneliti selanjutnya dalam menerapkan dan mengembangkan sistem kontrol pada suatu *greenhouse* selama proses penanaman.

## 1.5 Parameter Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah di atas, maka terdapat beberapa parameter dalam penelitian ini sebagai berikut:

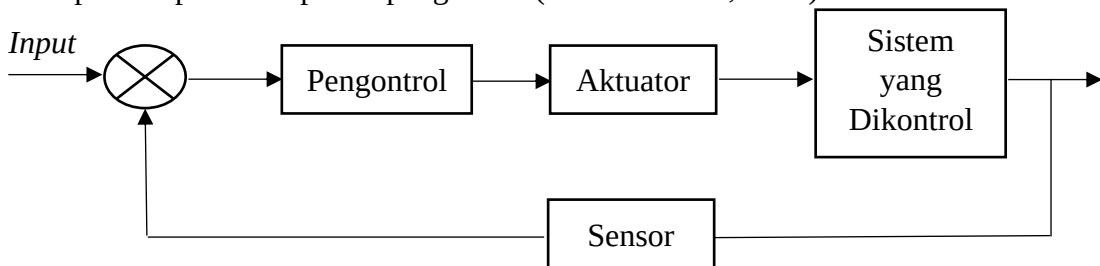
- a. Kelembapan dan suhu yang dibaca dengan sensor DHT-22.
- b. Kadar air tanah yang diukur dengan sensor *Soil Moisture Meter* tipe Lutron PMS 715 yang dimana pada ketiga perlakuan ditetapkan kadar air standar sebesar 20%.
- c. Biomassa tanaman dari setiap perlakuan yang meliputi berat basah dan berat kering setelah pengovenan dengan suhu 105 °C selama 24 jam.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sistem Kontrol

Sistem kontrol atau yang biasa disebut sistem kendali adalah sebuah sistem atau proses yang *output*-nya (hasil akhirnya) ditentukan oleh *set point* yang telah ditentukan. Dalam pengaplikasiannya, sistem ini harus mempunyai target atau suatu batasan. Target atau batasan inilah yang berfungsi untuk mengatur *output* atau keluaran yang diharapkan (Laksono *et al.*, 2011).

Penerapan sistem kendali dalam kehidupan sehari-hari terdapat dua jenis sistem kendali yaitu sistem kendali terbuka (*open loop*) dan sistem kendali tertutup (*close loop*). Sistem kendali loop tertutup memungkinkan adanya *feedback* yang diberikan berdasarkan pembacaan sensor atas *set point* yang telah diatur sebelumnya. Sistem rangkaian loop tertutup sinyal *error* dimaksudkan sebagai hasil selisih antara sinyal *input* dengan sinyal *feedback* yang selanjutnya akan diumpungkan pada komponen pengendali (Laksono *et al.*, 2011).



Gambar 1. Sistem kontrol loop tertutup (*close loop*).

Perkembangan sektor pertanian yang dipicu oleh adanya revolusi industri 4.0 tentu memberikan dampak positif bagi pertanian. Salah satunya yaitu dengan penerapan sistem kontrol irigasi. Dengan adanya otomatisasi ini, maka dapat mengurangi waktu dan tenaga kerja yang diperlukan. Menurut Prabowo (2018) sistem kendali merupakan sistem yang terdiri dari beberapa komponen yang memiliki keterkaitan satu dengan yang lain. Setiap komponen akan menjalankan fungsinya tetapi tetap saling berkaitan. Berikut komponen sistem kontrol:

- Kontroler (*controller*) adalah otak dari sistem yang dapat dibuat dan dimodifikasi untuk mencapai tujuan tertentu.
- Aktuator (*actuator*) adalah alat yang menggerakkan *plant*,
- Plant (*plant*) objek fisik yang akan dikendalikan

- d. Sensor merupakan alat yang digunakan untuk mengukur hasil luaran sistem dan sekaligus sebagai nilai masukan untuk sistem.

## 2.2 Kontrol *On/Off*

Sistem kendali *on/off* yaitu jenis sistem kendali yang memungkinkan terjadinya 2 posisi yakni posisi *on* dan posisi *off*. Perintah agar sistem tetap berada pada posisi *on* atau posisi *off* diterima dari sinyal keluaran dari pengendali atau aktuator dimana keadaan tersebut akan memiliki kecenderungan nilai maksimum atau minimum dari *set point*. Kontrol *on/off* bekerja berdasarkan nilai *error* yang jika lebih dari nilai *set point* maka aktuator akan dijalankan dan jika nilai *error* kurang dari nilai *set point* aktuator dimatikan (Asmaleni *et al.*, 2020).

Pengaplikasian sistem kontrol *on/off* sangat memberikan dampak positif karena lebih efisien dan efektif. Terdapat beberapa komponen yang digunakan, dimana masing-masing komponen memiliki fungsi yang saling berkaitan dan berhubungan. Berikut adalah komponen yang digunakan dalam melakukan kontrol *on/off*:

### 2.2.1 Mikrokontroler

Mikrokontroler pada dasarnya merupakan suatu komputer yang di dalamnya terdapat satu chip, yang memuat mikroprosesor, memori, jalur *Input/Output* (I/O) serta berbagai perangkat pelengkap yang lain. Mikrokontroler adalah sebuah chip yang berupa IC atau *Integrated Circuit* yang memiliki fungsi untuk menerima sinyal *input*, mengolahnya serta dalam memberikan sinyal *output* yang sesuai dengan program yang telah dimasukkan sebelumnya. Sinyal *input* ini bersumber dari sensor yang memiliki fungsi sebagai sumber informasi dari lingkungan sedangkan sinyal *output* ditujukan kepada aktuator yang dapat memberikan efek ke lingkungan. Sehingga secara sederhana mikrokontroler diumpamakan sebagai otak dari suatu perangkat (Bishop & Owen, 2010).

### 2.2.2 Arduino

Arduino adalah sebuah *platform* baik berupa *software* maupun *hardware*. Pada umumnya *hardware* Arduino sama dengan mikrokontroler akan tetapi pada Arduino ditambahkan pin untuk memudahkan dalam penggunaannya. Sedangkan

pada *software* Arduino bersifat berupa *software opensource* yang artinya dapat dijangkau dan diunduh oleh semua orang secara gratis. *Software* ini dapat dipakai untuk merancang serta meng-*input* program ke dalam Arduino. Adapun yang menjadi komponen utama yang terdapat pada papan Arduino yaitu sebuah 8-bit dengan merk ATmega (Laia *et al.*, 2022).

Arduino Uno menggunakan mikrokontroler ATmega328 serta mempunyai 14 pin digital (6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, sebuah 16 MHz osilator kristal, sebuah koneksi USB, sebuah konektor sumber tegangan, sebuah *header* ICSP serta sebuah tombol untuk *reset*. Arduino Uno sebagai mikrokontroler bisa mencakup serta menyimpan segala sesuatu yang dibutuhkan sehingga dapat mendukung suatu mikrokontroler. Hanya dengan mengkoneksikan ke sebuah komputer melalui USB atau dengan memberikan suatu tegangan arus DC yang berasal dari baterai atau adaptor AC ke DC (Hati dan Subari, 2018).



Gambar 2. Arduino Uno.  
(Sumber: Hati dan Subari, 2018)

### 2.2.3 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD atau yang disebut dengan *Liquid Crystal Display* memiliki fungsi untuk dapat menampilkan data yang bersumber dari arduino melalui program yang telah dibuat sebelumnya. Ada beberapa tipe LCD, seperti LCD 20x4 dan 16x2. LCD 16x2 memiliki banyak *port* yang berfungsi untuk dapat dikoneksikan ke arduino. Rangkaian *display* menggunakan LCD dengan jumlah karakter 16x2 dengan pin kontrol RS dan *enable* diaktifkan dengan catu daya sebesar 5VDC (Putra, 2017).

LCD atau penampilan kristal cair memiliki fungsi sebagai media untuk dapat menampilkan berbagai jenis karakter, huruf serta berbagai angka dengan menggunakan kristal cair sehingga dapat ditampilkannya. LCD dirancang yang menerapkan teknologi CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*) logic, dimana teknologi ini memiliki prinsip memantulkan cahaya disekitarnya. Selain itu LCD juga berfungsi untuk dapat menampilkan data dari hasil pembacaan RTC (*Real Time Clock*) dan status *on/off* (Fajar *et al.*, 2018).

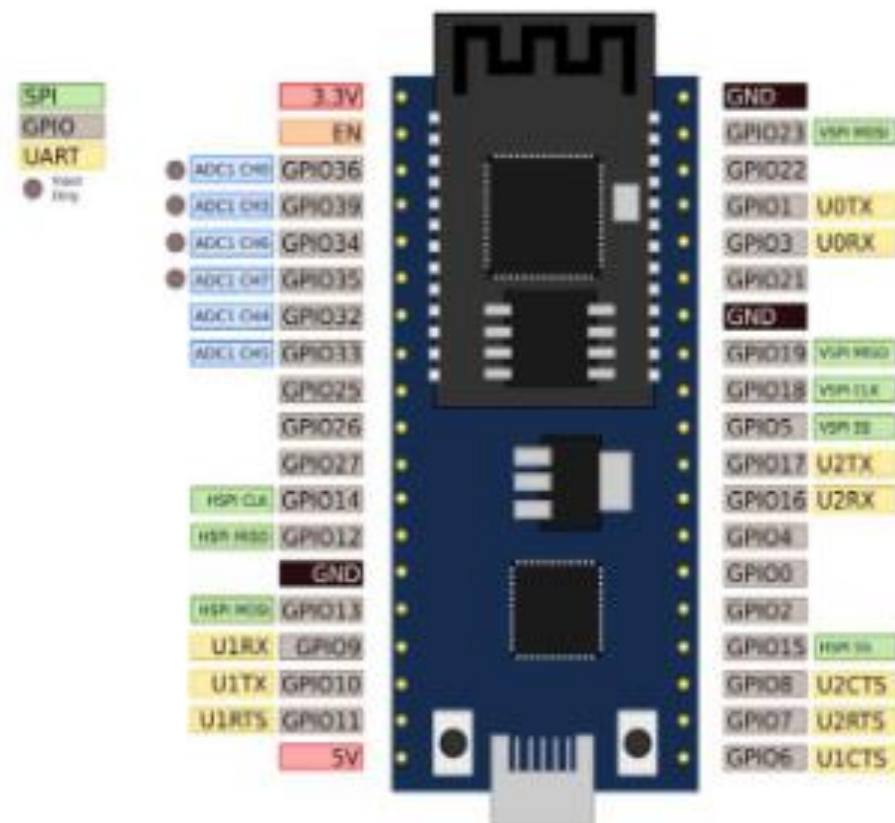
#### 2.2.4 Relay

Relay merupakan salah satu komponen elektronik yang berfungsi sebagai saklar penghubung maupun pemutus arus. Relay dikontrol dari sinyal listrik arus kecil. Penggunaan relay memungkinkan kabel yang menuju saklar tidak perlu lagi kabel yang tebal. Hal ini karena arus yang terhubung ke saklar merupakan arus yang sangat kecil (Saraswati, 2014).

Relay merupakan saklar elektronik yang bekerja berdasarkan medan magnet. Berdasarkan struktur atau penyusunnya, relay terdiri atas suatu lilitan dan *switch* mekanik. Bagian *switch* mekanik inilah yang akan bergerak apabila terdapat arus listrik yang mengalir melalui lilitan yang terdapat pada relay (Fajar *et al.*, 2018).

#### 2.2.5 ESP-32

ESP-32 adalah mikrokontroler yang dikenalkan oleh *Espressif System* dan berfungsi untuk menampung dan memproses semua *port* dan *ic* sehingga bisa mengontrol *driver* sehingga *port* atau *device* yang terhubung ke mikrokontroler tersebut dapat berjalan dengan baik. Mikrokontroler ini juga memiliki kemampuan untuk terhubung dengan internet melalui jaringan *wireless* tanpa tambahan *board* lagi karena sudah tersedia modul Wi-Fi dalam *chip* sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi *internet of things* (Zarkasih *et al.*, 2020).



Gambar 3. ESP-32  
(Sumber: Zarkasih, 2020).

### 2.3 Pakcoy (*Brassica rapa* L.)

Tanaman pakcoy tergolong dalam kelompok sawi-sawian atau genus *Brassica* dan merupakan tanaman semusim. Pakcoy (*Brassica rapa* L.) memiliki daya tarik tersendiri untuk dibudidayakan karena bernilai ekonomis. Selain itu, pakcoy mempunyai banyak kandungan vitamin, yaitu vitamin A, E dan K. Selain itu pakcoy juga memiliki banyak kandungan kalori, protein, Ca, P dan Fe (Risal, 2017).

Menurut Simanjuntak (2012), pakcoy diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae  
 Divisi : Spermatophyta  
 Kelas : Dicotyledonae  
 Ordo : Brassicales  
 Family : Brassicaceae  
 Genus : *Brassica*  
 Spesies : *Brassica rapa* L.

Salah satu sayuran yang banyak digemari masyarakat Indonesia yaitu pakcoy. Proses budidaya pakcoy dipandang layak karena iklim Indonesia yang tropis. Selain itu, umur panen atau masa tanam dari tanaman pakcoy juga relatif singkat yaitu berkisar antara 25-28 hari setelah penanaman. Proses budidaya yang relatif singkat menjadi daya tarik tersendiri bagi petani (Khairunnisak *et al.*, 2017).

Umumnya, pakcoy bisa bertumbuh dengan baik pada tanah yang subur serta gembur, mengandung banyak bahan organik serta dapat memperoleh air yang sesuai. Selain itu, pH tanah yang optimum adalah berkisar antara 6-7, dengan ketinggian 5-1200 meter (dpl), memperoleh suhu rata-rata 15-35 °C, kelembapan rata-rata berkisar antara 80-90% serta memperoleh tingkat curah hujan yang sesuai yaitu sebanyak 200 mm/bulan. Dengan mencukupi kebutuhan tanaman pakcoy tersebut maka diharapkan pertumbuhan tanaman pakcoy menjadi lebih baik dengan tingkat produktivitas yang meningkat (Cahyono, 2003).

## **2.4 Greenhouse**

Dewasa ini, perubahan iklim yang diikuti dengan peningkatan suhu global sudah meresahkan kalangan petani karena sebagai pihak terdampak telah mengalami kerugian. Adanya anomali dapat berdampak terhadap musim tanam dan panen tidak menetap. Dengan adanya kondisi ini sehingga petani kesulitan dalam melakukan prediksi cuaca dalam masa tanam. Rumah tanaman atau yang biasa disebut dengan *greenhouse* telah menjadi solusi dalam melakukan pengendalian kondisi iklim mikro terhadap tanaman. Hal ini karena *greenhouse* telah dilengkapi dengan struktur atap tembus cahaya yang memiliki fungsi dalam manipulasi kondisi lingkungan (iklim mikro) sehingga tanaman yang berada di dalamnya dapat berkembang secara optimal. Dengan adanya manipulasi ini sehingga diharapkan kondisi lingkungan dalam *greenhouse* sesuai dengan kondisi yang diinginkan (Tando, 2019).

Menurut Tando (2019), terdapat berbagai kelebihan dari penggunaan *greenhouse*, yaitu:

- a. Peningkatan hasil produksi. Hal ini karena mudahnya pengawasan dan pengontrolan dalam *greenhouse*. Seperti halnya pada saat tanaman kekurangan nutrisi, sehingga bisa langsung untuk diatasi.

- b. Peningkatan kualitas produksi. Hal ini karena adanya pemberian nutrisi serta perawatan tanaman yang dilakukan secara berkala sehingga mampu menghindarkan tanaman dari ultraviolet, peningkatan suhu atau polutan.
- c. Penurunan penggunaan pestisida. Hal ini karena adanya *insec-screen* atau plastik UV pada dinding *greenhouse* sehingga dapat menghalangi potensi masuknya hama dan serangga pengganggu tanaman.



Gambar 4. *Greenhouse*.  
(Sumber: Tando, 2019).

## 2.5 Iklim Mikro

Pengelolaan iklim mikro yaitu suatu teknik dalam mengontrol dan mengendalikan iklim pada suatu luasan tertentu maupun pada ruang tertentu. Iklim mikro dapat berkaitan dengan suhu dan kelembapan udara. Dalam penerapan *greenhouse*, pengontrolan iklim mikro sangatlah jelas manfaatnya dimana dalam *greenhouse* akan dikontrol suhu dan kelembapan udara agar tetap stabil. Kaitan antara suhu dan kelembapan udara akan senantiasa berbanding terbalik, semakin tinggi suhu ruang maka kelembapan udara akan semakin rendah demikian pula sebaliknya. Penyesuaian iklim mikro pada *greenhouse* sangatlah penting agar menjaga pertumbuhan tanaman tetap stabil sehingga proses fotosintesis tetap berjalan meskipun tidak mendapat sinar matahari secara langsung (Putri *et al.*, 2014).

Pemberian irigasi pada tanaman bisa dilakukan melalui beberapa metode irigasi seperti irigasi tetes, sprinkler dan irigasi *sprayer* salah satunya yaitu pemanfaatan irigasi kabut atau *sprayer*. Irigasi *sprayer* menjadi salah satu metode dan menjadi suatu inovasi pemberian air ke tanaman yang memanfaatkan air yang



dipompa dari suatu penampungan air atau tandon ke dalam pipa yang berfungsi sebagai saluran dan yang selanjutnya akan dipecah melalui *Misting*, sehingga menjadi partikel-partikel atau butiran air yang lebih kecil atau halus. Hasil butiran air yang memiliki partikel mikro ini yang selanjutnya disebut dengan kabut. Penggunaan metode kabut telah terbukti lebih efektif serta efisien dalam proses irigasi tanaman pada lahan untuk dapat meningkatkan kesuburan tanaman. Selain itu, jenis irigasi kabut juga dapat diterapkan dalam *greenhouse*. Pemanfaatannya dalam *greenhouse* berguna dalam pengontrolan iklim mikro dalam *greenhouse* karena hasil pecahan air dari *Misting* yang berpartikel mikro dapat menjaga kelembapan di dalam *greenhouse* (Martin & Susandi, 2022).

## **2.6 Internet of Things (IoT)**

*Internet of Things* (IoT) adalah salah satu perkembangan teknologi dimana dapat menghubungkan kepada jaringan internet dalam mengakses informasi di lapangan dimanapun dan kapanpun. Perkembangan IoT membuat konektivitas antara pengguna dengan objek yang dikendalikan menjadi lebih mudah. Penerapan IoT saat ini telah menjangkau berbagai bidang baik itu dalam lingkungan rumah tangga, perkantoran hingga dalam bidang pertanian (Amaral *et al.*, 2011).

*Internet of things* merupakan hasil dari teknologi dimana suatu objek dapat mentransfer data dengan koneksi internet ke pengguna melalui komputer atau *smartphone*. Dengan adanya perkembangan ini maka kendali terhadap suatu perangkat elektronik dapat dilakukan meski jarak yang jauh. *Internet of things* dapat mempermudah pengontrolan dan *monitoring* (Prihatmoko, 2018).

## **2.7 DHT-22**

Pengukuran suhu dan kelembapan dapat menggunakan beberapa jenis sensor, yaitu DHT-11 dan DHT-22. Sensor DHT-22 adalah salah satu sensor yang dapat mengukur tingkat suhu maupun kelembapan udara suatu ruang secara serentak serta nilai keluaran yang dihasilkan sudah berupa digital. Konfigurasi pin DHT-22 adalah pin 1 sebagai VCC, pin 2 sebagai *data out* dan pin 4 sebagai *ground*. Adapun tingkat akurasi dari sensor DHT-22 yaitu pembacaan suhu  $\pm 0,5$  °C, dan kelembapan udara  $\pm 2\%$  (Lubis, 2020).



Gambar 5. Sensor DHT-22  
(Sumber: Lubis, 2020).

## 2.8 Blower

Penggunaan kipas atau *blower* pada suatu *greenhouse* memiliki fungsi untuk dapat memastikan suhu yang ada di dalam *greenhouse* agar tetap stabil. *Blower* akan menghisap udara panas yang berasal dari dalam *greenhouse* ke luar *greenhouse*. Stabilisasi sirkulasi di *greenhouse* perlu untuk diperhatikan agar pertumbuhan tanaman tidak terganggu yang dapat menyebabkan tumbuhnya penyakit dan hama tanaman sehingga produktivitas tanaman menurun (Prasetyanta, 2017).

## 2.9 Soil Moisture Meter (SMM)

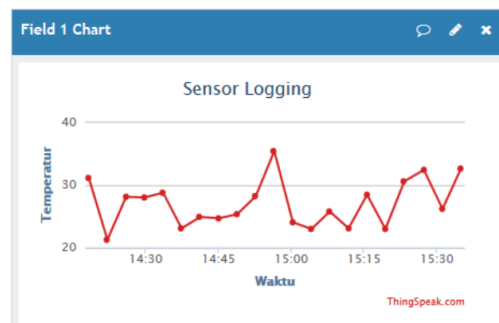
Sensor *Soil Moisture Meter* (SMM) termasuk sebuah jenis sensor yang fungsinya adalah untuk mengukur kelembapan tanah, prinsip kerja dari alat ini adalah mendeteksi kelembapan dan kandungan kadar air di sekitar tanah, meskipun secara teknis sensor ini tidak dapat mendeteksi kelembapan tanah. Sensor ini mampu mengukur kadar air di dalam tanah. Cara kerja sensor *soil moisture* meter tipe Lutron PMS 715 adalah ketika sensor mendeteksi kondisi tanah dalam keadaan basah maka tingkat kadar air yang dibaca oleh sensor akan meningkat, namun saat kondisi tanah terdeteksi kering maka tingkat kadar air yang akan dibaca oleh sensor akan mengalami penurunan (Mardika & Kartadie, 2019).



Gambar 6. Sensor *Soil Moisture Meter*  
(Sumber: Mardika & Kartadie, 2019).

## 2.10 Thingspeak

*Thingspeak* merupakan sebuah layanan internet yang menyediakan layanan untuk pengaplikasian "*Internet of Things*". *Thingspeak* merupakan layanan yang berisi aplikasi dan API yang bersifat open source untuk menyimpan dan mengambil data dari berbagai perangkat yang menggunakan HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) melalui Internet atau melalui LAN (*Local Area Network*). Dengan menggunakan *Thingspeak*, seseorang dapat membuat aplikasi *logging* sensor, aplikasi pelacakan lokasi, dan jaringan sosial dari segala sesuatu yang terhubung ke internet dengan pembaruan status (Chwalisz (2016) dalam Alfannizar dan Yusnita (2018)).



Gambar 7. Tampilan grafik *Thingspeak*.  
(Sahuleka *et al.*, 2018).

## 2.11 Misting

*Misting* atau pengkabut memiliki fungsi untuk memberikan pengkabutan pada ruangan *greenhouse* dengan cara memecah butiran-butiran air yang berukuran besar menjadi partikel-partikel yang lebih kecil. Dalam penggunaannya, ukuran *Misting* memiliki beberapa jenis diameter lubang semburan, yaitu 0,2 mm, 0,3 mm, 0,6 mm dan 0,7 mm. Semakin kecil ukurannya menandakan semakin kecil (halus) pula semburannya (Arafat & Ibrahim, 2020).



Gambar 8. *Misting*.  
(Sumber: Arafat & Ibrahim, 2020).

## 2.12 Pompa

Pompa merupakan alat yang terintegrasi dengan tenaga mesin yang memiliki fungsi untuk dapat mendistribusikan cairan atau fluida melalui suatu saluran yang bersumber dari suatu tempat atau penampungan. Salah satu jenis pompa yaitu pompa DC. Pompa DC memerlukan sumber tegangan yang searah pada kumparan medan untuk selanjutnya dikonversi menjadi energi lain berupa energi mekanik. Kumparan medan yang terdapat pada motor DC disebut juga dengan istilah stator sedangkan kumparan jangkar disebut rotor (Ariawan *et al.*, 2013).



Gambar 9. Pompa DC  
(Sumber: Ariawan *et al.*, 2013).

Penyaluran air irigasi atau proses distribusi air pada suatu sistem irigasi dapat memanfaatkan dua jenis tekanan. Tekanan yang dimaksudkan yaitu tekanan yang alami dan buatan. Tekanan alami yaitu tekanan yang bersumber dari adanya gaya gravitasi sedangkan tekanan buatan bersumber dari adanya tekanan pompa. Tekanan yang berasal dari pompa, dimana pompa berfungsi sebagai sumber energi untuk mengalirkan air dari penampungan ke masing-masing emitter atau *Misting*. Sedangkan apabila menerapkan tekanan dari gravitasi maka perlu memperhatikan ketinggian penampungan air terhadap pipa utama (Yanto *et al.*, 2014).

## 2.13 Kapasitas Lapang dan Kadar Air Tanah

Faktor penting yang perlu diketahui dalam pemberian irigasi yaitu kapasitas lapang efektifnya. Dimana untuk mengetahuinya dapat dilakukan dengan metode gravimetri yang membandingkan sampel tanah basah dan sampel tanah yang sudah dikeringkan atau dioven. Metode gravimetri merupakan metode standar yang memiliki akurasi yang sangat tinggi (Gardner, 1986).

Pengukuran Kapasitas Lapang Efektif (KLE) tanah dengan metode gravimetri terdiri dari beberapa tahapan, yaitu pengukuran berat tanah sebelum pengeringan, memindahkan air yang terkandung di dalamnya melalui tahapan pengovenan hingga mencapai berat sampel yang konstan (suhu pengovenan 100-110 °C selama 24 jam), setelah itu menimbang kembali tanah. Pengukuran ini dilakukan untuk dapat mengetahui daya serap tanah yang digunakan terhadap air. Irigasi tidak terlepas dari nilai KLE dimana apabila berlebih dapat menyebabkan limpasan sedangkan apabila kurang menyebabkan matinya tanaman (Setiasmo, 1992).

#### **2.14 Efisiensi Penggunaan Air (EPA)**

Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh kecukupan air yang diberikan selama proses pertumbuhan. Maksudnya ialah air yang diberikan cukup untuk tanaman. Efisiensi penggunaan air yaitu nisbah antara bobot kering tanaman dengan kebutuhan air dan menunjukkan kemampuan tanaman untuk mengubah air tersedia menjadi bahan kering (Ali *et al.*, 1999).

Yongqiang *et al.*, (2003) mengartikan efisiensi pemakaian air sebagai perbandingan antara berat tanaman yang dibudidaya dengan jumlah air yang dipakai selama proses produksi. Terdapat beberapa strategi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air di pertanian, yaitu meningkatkan efisiensi transpirasi, menambah pasokan air total, dan mengurangi kehilangan air selain yang digunakan untuk transpirasi. Perhitungan efisiensi penggunaan air dihitung dengan membagi total berat kering tanaman dengan jumlah total transpirasi dan evaporasi.