

**SISTEM MONITORING DAN PENGENDALIAN pH SERTA
KELEMBAPAN MEDIA TANAM SEKAM PADI DAN ARANG PADA
TANAMAN CABAI UNTUK *URBAN FARMING* BERBASIS IoT**

(Skripsi)

Oleh

Agriffa Nuzra Djolanda

NPM. 2057041003



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2024**

ABSTRAK

SISTEM MONITORING DAN PENGENDALIAN pH SERTA KELEMBAPAN MEDIA TANAM SEKAM PADI DAN ARANG PADA TANAMAN CABAI UNTUK *URBAN FARMING* BERBASIS IoT

Oleh

Agriffa Nuzra Djolanda

Penelitian ini telah merealisasikan sistem monitoring dan pengendalian *greenhouse* yang telah terintegrasi dengan sistem *Internet of Things* (IoT) berdasarkan kelembapan tanah dan pH tanah untuk tanaman cabai merah (*Capsium annuum L.*). Penelitian ini bertujuan untuk merancang desain *greenhouse* untuk tanaman cabai, dan membuat sistem monitoring serta pengendalian kadar kelembapan dan *power of Hydrogen* (pH) pada tanah. Pada sistem penelitian ini, mikrokontroler yang digunakan yaitu Arduino Mega 2560 dan ESP8266, dengan masukan sensor *capacitive soil moisture* untuk mengukur tingkat kelembapan tanah yang memiliki akurasi sebesar 94,70%, error sebesar 5,30% serta standar deviasi sensor sebesar 2,027 dan sensor pH tanah untuk mengukur tingkat kadar pH tanah dengan yang memiliki akurasi sebesar 92,04%, error sebesar 7,96% standar deviasi sensor sebesar 0,501. Keluaran sistem yang dihasilkan berupa pengontrolan air dan pupuk. Berdasarkan hasil penelitian, sistem monitoring dan pengendalian *greenhouse* dapat berjalan dengan baik ditunjukkan dengan *website* iot.darmajaya.ac.id/greenhousefisika dan *mobile Apps* dapat menerima hasil pemantauan data sensor menggunakan koneksi internet secara *real-time* dengan *delay* 11 menit 13 detik. Pengendalian akan dilakukan ketika kelembapan tanah $\leq 60\%$ serta $\text{pH} \leq 6,8$ dan akan dimatikan ketika sudah mencapai $\geq 80\%$ serta $\text{pH} \geq 7,39$

Kata kunci: *greenhouse*, IoT, sensor *capacitive soil moisture*, sensor pH tanah

ABSTRACT

MONITORING AND CONTROLLING SYSTEM FOR pH AND HUMIDITY OF PLANTING MEDIA OF RICE HUSK AND CHARCOAL IN CHILI PLANTS FOR URBAN FARMING BASED ON IoT

By

Agriffa Nuzra Djolanda

This research has realized a greenhouse monitoring and control system that has been integrated with an Internet of Things (IoT) system based on soil moisture and soil pH for red chili plants (*Capsium annum L.*). This research aims to design a greenhouse design for chili plants, and create a system for monitoring and controlling moisture levels and power of Hydrogen (pH) in the soil. In this research system, the microcontrollers used are Arduino Mega 2560 and ESP8266, with input capacitive soil moisture sensors to measure soil moisture levels with a sensor accuracy 94,70%, errors 5,30% , standard deviation of 2,027 and soil pH sensors to measure soil pH levels with a sensor accuracy 92,04%, errors 7,96% standard deviation of 0,501. The resulting system output is water and fertilizer control. Based on the research results, this system can be well monitored and control, as shown by the website iot.darmajaya.ac.id/greenhousefisika and mobile Apps that can receive sensor data monitoring results using a real-time internet connection with a delay of 11 minutes 13 seconds. Control will be carried out when soil moisture is $\leq 60\%$ and $\text{pH} \leq 6.8$ and will be turned off when it reaches $\geq 80\%$ and $\text{pH} \geq 7.39$

Keyword: greenhouse, IoT, capacitive soil moisture sensor, soil pH sensor

**SISTEM MONITORING DAN PENGENDALIAN pH SERTA
KELEMBAPAN MEDIA TANAM SEKAM PADI DAN ARANG PADA
TANAMAN CABAI UNTUK *URBAN FARMING* BERBASIS IoT**

Oleh

Agriffa Nuzra Djolanda

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : Sistem Monitoring dan Pengendalian pH serta Kelembapan Media Tanam Sekam Padi dan Arang pada Tanaman Cabai Untuk *Urban Farming* Berbasis IoT

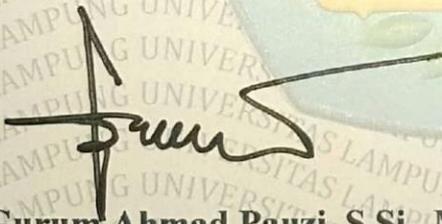
Nama Mahasiswa : Agriffa Nuzra Djolanda

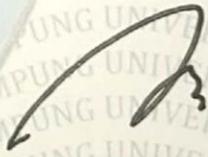
Nomor Pokok Mahasiswa : 2057041003

Jurusan : Fisika

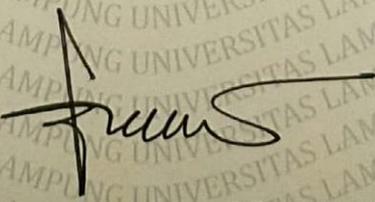
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam




Dr. Gurum Ahmad Fauzi, S.Si., M.T.
NIP. 198010102005011002


Dodi Yudo Setyawan S.Si., M.Ti.
NIK. 11340809

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA

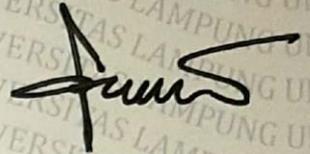

Dr. Gurum Ahmad Fauzi, S.Si., M.T.
NIP. 198010102005011002

MENGESAHKAN

1. Tim penguji

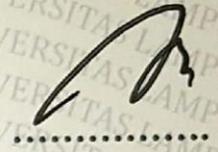
Ketua

: **Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.**



Sekretaris

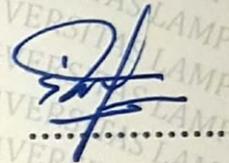
: **Dodi Yudo Setyawan, S.Si., M.Ti**



Penguji

Bukan Pembimbing

: **Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si.**



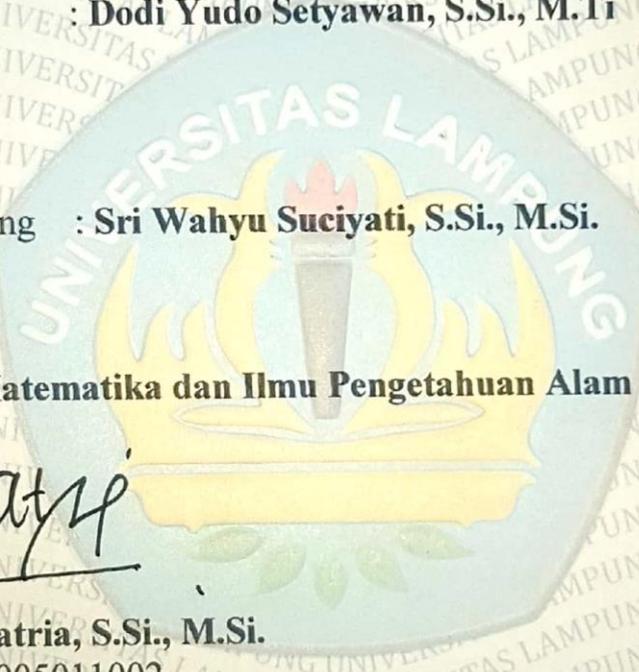
2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP. 197110012005011002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 19 April 2024



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila ada pernyataan saya yang tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 22 April 2024



Agriffa Nuzra Djolanda
NPM.2057041003

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Jakarta, pada tanggal 5 Maret 2002. Penulis merupakan anak ketiga dari Bapak Djohan Machmud dan Ibu Salya. Penulis beralamat di Perumahan Narogong Indah, Molek 1 Rt.01 Rw.19, Pengasinan, Kota Bekasi. Penulis menempuh pendidikan pertamanya di SDSN Pengasinan VIII.

Kemudian melanjutkan pendidikan di SMPN 16 Bekasi pada tahun 2014. Pada tahun 2017 penulis melanjutkan pendidikannya di SMAN 13 Bekasi. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Mandiri SMMNPTN Barat pada tahun 2020. Selama menjadi mahasiswa di Jurusan Fisika FMIPA Unila, penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Elektronika Dasar I dan II, Teknologi Informasi, Pemrograman Komputer, Fisika Komputasi, dan Sistem Akuisisi Transmisi Data. Penulis juga aktif di berbagai organisasi kemahasiswaan diantaranya Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) FMIPA Unila sebagai Anggota Bidang Komunikasi dan Informasi (KOMINFO) di tahun 2020-2022, Staff Bidang Media dan Informasi BEM FMIPA Unila serta Sekertaris bidang KOMINFO HIMAFI di tahun 2021 dan 2022, Penulis juga menjadi Staff KOMINFO Ikatan Himpunan Mahasiswa Fisika Indonesia (IHAMAFI) di tahun 2021 – 2023. Pada bulan Januari-Februari 2023 penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Badan Riset dan Inovasi Nasional dengan judul “Sistem Kontrol *Battery Swapping Station 12 Channel* di Badan Riset dan Inovasi Nasional Unit PRKKE Serpong”. Kemudian, pada bulan Juli-Agustus 2023 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kedamaian, Kota Agung Pusat.

MOTTO

“ Bermimpilah setinggi langit, jika engkau jatuh, engkau akan jatuh diantara bintang-bintang”

– Ir. Soekarno

"Janganlah kamu meyakini selain Allah, dan berbuat baiklah kepada kedua orang tua, kerabat, anak – anak yatim, dan orang-orang miskin. Selain itu, bertutur katalah yang baik kepada manusia, laksanakanlah shalat, dan tunaikanlah zakat”

- QS Al-Baqarah:83

“ Start now with what you have, no matter how small it is”

– Agriffa Nuzra

PERSEMBAHAN

**Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, kupersembahkan skripsi ini
kepada :**

Bapak Moch Djohan Machmud dan Ibu Salya

Kedua orang tuaku yang telah melahirkan, membesarkan, dan mendidiku, serta menjadi penyemangatku dalam menjalani hidup selama ini

Bapak/Ibu Dosen FISIKA FMIPA UNILA

Terima kasih telah memberikan bekal ilmu pengetahuan, nasihat, dan saran yang membangun kepadaku

Ricky Zulkifli, Reza Setiawan dan Uci Nelfita

Kakak - kakaku tersayang yang telah memberikan dukungan dan motivasi sehingga membuat aku mampu menyelesaikan pendidikan S1

Rekan-rekan seperjuangan Fisika Angkatan 2020

***Almamater Tercinta
UNIVERSITAS LAMPUNG***

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT. Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Sistem Monitoring dan pengendalian pH serta Kelembapan Media Tanam Sekam Padi dan Arang Pada Tanaman Cabai Untuk *Urban Farming* Berbasis IoT**”. Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih terdapat kesalahan dan masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan untuk memperbaiki skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat bukan hanya untuk penulis, tapi juga untuk para pembaca.

Bandar Lampung, 22 April 2024

Penulis,

Agriffa Nuzra Djolanda

SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Sistem Monitoring dan pengendalian pH serta Kelembapan Media Tanam Sekam Padi dan Arang Pada Tanaman Cabai Untuk *Urban Farming* Berbasis IoT**”. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari tidak sedikit hambatan dan kesulitan yang dihadapi, namun berkat bantuan dan dukungandari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Orang tua Bapak Moch Djohan Machmud dan Ibu Salya yang senantiasa memberikan doa, semangat, motivasi, pengorbanan, nasihat serta kasih sayang kepada penulis.
2. Bapak Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T., selaku Dosen Pembimbing I dan Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah membimbing, memberikan ilmu, motivasi serta arahan dalam proses penyusunan skripsi.
3. Bapak Dodi Yudo Setyawan, S.Si., M.Ti., selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing, memberikan ilmu, motivasi serta arahan dalam proses penyusunan skripsi.
4. Ibu Sri Wahyu Suciyati, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran dan masukan sehingga penulisan skripsi ini menjadi lebih baik.
5. Ibu Dr. Yanti Yulianti, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa di Universitas Lampung.

6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
7. Seluruh Dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan banyak ilmu selama menjadi mahasiswa di Universitas Lampung.
8. Para Tenaga Kependidikan Jurusan Fisika yang telah membantu memenuhi kebutuhan administrasi penulis.
9. Ricky Zulkifli, Reza Setiawan, Uci Nelfita dan Ayu Nawangsari sebagai kakak-kakak, yang selalu memberikan semangat dan dorongan kepada penulis.
10. Seseorang di kota Bekasi yang telah membantu menyelesaikan serta mengajari penulis mengenai tampilan skripsi.
11. Teman-teman di luar kampus, Nisrina Amanda, Indira, Dwi, Maulidha Fitria, Tsania, Zhara, Febby, Ica, Sylva, Fatulia yang telah menemani, memberikan motivasi, dan semangat kepada penulis selama menyelesaikan studi.
12. Kakak-kakak seperjuangan Atu Raden, Atu ria, Atu laela dan Teh Leha yang selalu mengarahkan, memotivasi dan membimbing penulis selama menyelesaikan masa studi
13. Teman-teman seperjuangan, Herfira, Siti Roniah, Bella Ari, Puja, Oktavia, Silvi, Cahya, Shinta, Mutiara, Fadia, Ati, Viona, Septian, Ridho, Umam dan Yesaya yang telah memberikan motivasi, bantuan, dan semangat kepada penulis selama menyelesaikan studi.
14. Teman-teman Fisika angkatan 2020, keluarga besar Himafi FMIPA Unila, yang telah bersama-sama menjalani perkuliahan dan telah memberikan doa serta motivasi pembelajaran kehidupan kepada penulis.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan dengan yang lebih baik, mempermudah segala urusannya dan menjadi pemberat amal di akhirat nanti.

Bandar Lampung, 22 April 2024
Penulis,

Agriffa Nuzra Djolanda

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
LEMBAR PENGESAHAN	v
LEMBAR PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ixx
KATA PENGANTAR	x
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xviii

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	2
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	6

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait	7
2.2 Sensor Kelembapan Tanah (<i>Capacitive Soil Moisture Sensor</i>).....	11
2.3 pH.....	13
2.4 Sensor pH Tanah.....	14
2.5 Mikrokontroler	16

2.5.1	Arduino Mega 2560	16
2.5.2	ESP-8266	17
2.6	Tanaman Cabai Merah Besar (<i>Capsium annum L.</i>).....	17
2.7	<i>Internet of Things (IoT)</i>	19
2.8	<i>Greenhouse</i>	20
2.9	Relay	22
2.10	<i>RC Snubber</i>	24
2.11	<i>Website</i>	26

III. METODE PENELITIAN

3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	28
3.2	Alat dan Bahan.....	28
3.3	Prosedur Penelitian	30
	3.3. Perancangan Greenhouse	32
	3.3.2 Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	33
	3.3.3 Perancangan Sistem	37
	3.3.4 Desain <i>Web Server</i>	38
	3.3.5 Desain <i>Mobile App</i>	40
3.4	Pengujian Alat.....	40
	3.4.1 Rancangan Pengujian Modul Relay	41
	3.4.2 Pengujian <i>Capacitive soil moisture sensor</i>	41
	3.4.3 Pengujian Sensor pH Tanah.....	42
	3.4.4 Pengujian Kalibrasi Sensor	43
	3.4.5 Rancangan Pengujian <i>Website</i>	44
	3.4.6 Pengujian Rangkaian Keseluruhan	45

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Implementasi perancangan sistem	46
4.2	Pengujian Sensor <i>Capacitive Soil Moisture</i>	49
4.3	Pengujian Sensor pH Tanah.....	53
4.4	Sistem Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	57
	4.4.1 Pengujian <i>Website</i>	57
	4.4.2 Pengujian Aplikasi Bergerak (<i>Mobile Apps</i>)	60
4.5	Sistem Kendali <i>Greenhouse</i>	61
	4.5.1 Analisis Sistem Monitoring <i>Greenhouse</i>	63
	4.5.1.1 Hasil Monitoring menggunakan <i>PhpMyAdmin</i>	63

4.5.1.2	Hasil Monitoring Menggunakan <i>Website</i>	64
4.5.1.3	Hasil Monitoring Menggunakan <i>Mobile Apps</i>	69
4.5.1.4	Hasil Pengendalian Sistem Menggunakan <i>Mobile Apps</i>	71

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1	Simpulan	73
5.2	Saran	73

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Sensor Kelembapan Tanah (<i>Capacitive Soil Moisture Sensor</i>) (Dokumen Pribadi)	12
Gambar 2.2 Skema <i>capacitive soil moisture</i> (Hrisko, 2020).....	12
Gambar 2.3 Sensor pH Tanah (Dokumen Pribadi)	15
Gambar 2.4 Mikrokontroler Atmega 2560 (datasheet Arduino)	16
Gambar 2.5 <i>Pin out</i> mikrokontroler ESP8266 (datasheet)	17
Gambar 2.6 Tanaman cabai (Setiawan,2021).....	18
Gambar 2.7 Konsep Kerja IoT (Triyanto & Ristian, 2021).....	20
Gambar 2.8 <i>Greenhouse</i> Fisika FMIPA Unila (Dokumen Pribadi)	21
Gambar 2.9 Kontrol sinyal dan kontrol respon pada sistem kontrol relay (Wilamowski & Irwin, 2018)	22
Gambar 2.10 Karakteristik elemen relay dengan (a) dan tanpa (b) zona mati (Wilamowski & Irwin, 2018)	23
Gambar 2.11 Relay 2 Channel (Dokumen Pribadi).....	24
Gambar 2.12 Rangkaian <i>RC Snubber</i> sederhana (Rahmawati, 2023).	25
Gambar 2.13 Rangkaian Snubber pada rangkaian saklar umum (Rahmawati, 2023).	25
Gambar 2.14 Grafik perbandingan pemakaian dan tidak memakai RC Snubber (Yatsugi et al., 2018)	26
Gambar 3.1 Diagram alir prosedur penelitian	31
Gambar 3.2 Perancangan <i>greenhouse</i> berbasis <i>Smart Farming</i> (Dokumen Pribadi).....	33
Gambar 3.3 Desain sistem <i>hardware</i>	33
Gambar 3.4 Rangkaian sensor pH Tanah.....	34
Gambar 3.5 Diagram Blok Pengendalian Sensor pH Tanah	34
Gambar 3.6 Rangkaian sensor <i>capacitive soil moisture</i>	35
Gambar 3.7 Diagram Blok Pengendalian Sensor <i>capacitive soil moisture</i>	36
Gambar 3.8 Rangkaian Sistem monitoring dan pengendalian alat indikator kesuburan tanah.....	37

Gambar 3.9 Diagram alir sistem.....	38
Gambar 3.10 Alur diagram Web Server.....	39
Gambar 3.11 Rancangan Desain Tampilan <i>Website</i>	39
Gambar 3.12 Desain <i>Mobile Apps</i>	40
Gambar 4.1 Alat monitoring dan pengendalian tampak dalam	46
Gambar 4.2 Alat monitoring dan pengendalian tampak luar.....	47
Gambar 4.3 Penempatan alat monitoring pada <i>greenhouse</i> fisika Unila.....	48
Gambar 4.4 Penempatan alat pengendalian <i>greenhouse</i> fisika Unila.....	48
Gambar 4.5 (a) Massa Tanah Sekam Padi dan Arang Kondisi Kering; (b) Massa Tanah Sekam Padi dan Arang Kondisi Basah	49
Gambar 4.6 Pengujian <i>Capacitive Soil Moisture Sensor</i>	50
Gambar 4.7 Grafik pengujian sensor <i>capacitive soil moisture</i> dengan metode ASM.....	52
Gambar 4.8 Pengujian sensor pH dengan alat ukur standar	55
Gambar 4.9 Grafik pengujian sensor pH tanah	56
Gambar 4.10 Tampilan Data Masuk pada PhpMyAdmin	59
Gambar 4.11 Tampilan Aplikasi yang terhubung dengan ESP8266	61
Gambar 4.12 Diagram Sistem Kendali <i>Greenhouse</i>	62
Gambar 4.13 Database <i>MySQL</i> pada <i>PhpMyAdmin</i>	63
Gambar 4.14 Tampilan Awal Website	64
Gambar 4.15 Tampilan <i>Website greenhouse</i> (a) tentang penulis; (b) latar belakang; (c) desain <i>greenhouse</i> ; (d) monitoring <i>greenhouse</i>	64
Gambar 4.16 Monitoring Kelembapan Tanah Sampel Kebun Cabai Caplak.....	66
Gambar 4.17 Monitoring pH Tanah Sampel Kebun Cabai Caplak	66
Gambar 4.18 Monitoring Kelembapan Tanah Sampel Kebun Tanaman Singkong	67
Gambar 4.19 Monitoring pH Tanah Sampel Kebun Tanaman Singkong	67
Gambar 4.20 Monitoring Kelembapan Tanah Sampel Sekam Padi dan Arang	68
Gambar 4.21 Monitoring pH Tanah Sampel Sekam Padi dan Arang.....	68
Gambar 4.22 Tampilan Aplikasi (a) <i>Splash Screen</i> ; (b) Hasil Pembacaan Sensor	70
Gambar 4.23 Pengendalian kadar Kelembapan Tanah menggunakan <i>Drip Irrigation</i> ...	71
Gambar 4.24 (a) Kadar tanah sebelum ditambahkan pupuk; (b) kadar tanah setelah ditambahkan pupuk.....	72
Gambar 4.25 <i>Stopwatch</i> penghitung penyiraman.....	72

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Spesifikasi sensor pH Tanah	15
Tabel 3.1 Alat-alat penelitian	28
Tabel 3.2 Bahan-bahan Penelitian	29
Tabel 3.3 Perangkat lunak pada penelitian.....	30
Tabel 3.4 Pemetaan pin dengan seluruh komponen	37
Tabel 3.5 Data pengujian <i>capacitive soil moisture sensor</i>	42
Tabel 3.6 Data Uji sensor pH tanah.....	43
Tabel 4.1 Pengujian nilai ADC <i>Capacitive Soil Moisture</i> Sensor dengan Metode ASM	50
Tabel 4.2 Metode ASM dengan sensor <i>capacitive soil moisture</i>	52
Tabel 4.3 Data Standar Deviasi <i>Capacitive Soil Moisture Sensor</i>	53
Tabel 4.4 Pengujian sensor pH dengan alat ukur standar.....	54
Tabel 4.5 Data Standar Deviasi Sensor pH Tanah	56
Tabel 4.6 Data <i>Delay Database Website</i>	59

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan cuaca yang cepat, sangat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Suhu global yang diperkirakan terus meningkat menimbulkan banyak efek salah satunya adalah *climate change* atau perubahan iklim. Perubahan iklim merupakan suatu ancaman yang sangat serius terhadap sektor pertanian. Perubahan iklim berdampak pada sektor pertanian dan ketahanan pangan akibat dari meningkatnya fenomena alam dan juga ketidakpastian pola cuaca (Sudarma & As-syakur, 2018). Seiring populasi dunia yang terus meningkat, *Food and Agriculture Organization* (FAO) memperkirakan sektor pertanian harus meningkatkan produksi pangan sebesar 60% pada tahun 2050 untuk memenuhi permintaan pangan yang diharapkan. Namun, karena ketidakpastian pola cuaca dapat menyebabkan penurunan produksi dan kualitas pangan yang akan berpengaruh pada pendapatan suatu daerah sehingga mempengaruhi harga pangan global. Oleh karena itu, untuk mendukung produktivitas, meningkatkan produksi dan ketahanan pangan serta pendapatan secara berkelanjutan sektor pertanian harus melakukan sebuah strategi transformasi dan melakukan reorientasi pembangunan pertanian sebagai tanggapan adaptasi terhadap perubahan iklim yang terjadi (Masson-Delmote et al., 2021).

Pada kehidupan modern saat ini perkembangan teknologi memberikan dampak yang begitu besar dan telah mempengaruhi hampir seluruh aspek kehidupan, bahkan menjadi sebuah kebutuhan bagi manusia. Perkembangan teknologi telah digunakan dalam berbagai bidang salah satunya adalah bidang pertanian. Indonesia dikenal sebagai negara agraris dengan sebagian besar penduduknya bermata pencaharian pada sektor pertanian. Sehingga, sebagai solusi untuk mendukung produktivitas, meningkatkan produksi dan ketahanan pangan negara Indonesia

harus mampu mengikuti perkembangan teknologi (Lasena & husdi, 2020). Beberapa teknologi dan inovasi yang diprediksi dapat menjadi solusi antara lain *urban farming* (pertanian di perkotaan), vertikultur (pertanian secara vertikal) serta *plant factory* (Perusahaan tanaman terintegrasi). Produksi pertanian ditunjang dengan menggunakan berbagai teknologi yang lebih canggih mulai dari alat dan mesin salah satunya sistem yang termonitoring berbasis *internet of things* (IoT) (Efendi & Sagita, 2022).

Tanaman cabai adalah salah satu komoditas tanaman endemik yang tidak akan lepas dari kehidupan sehari-hari. Tanaman ini memiliki vitamin dan mineral yang cukup sehingga banyak dimanfaatkan untuk kebutuhan pertumbuhan dan kesehatan. Kebutuhan cabai di masyarakat untuk memenuhi bahan pokok yang tinggi membuat cabai semakin langka sehingga harga cabai di pasaran melambung tinggi dan sulit bagi masyarakat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari (Mukhayat et al., 2021). Di Indonesia terdapat beberapa jenis tanaman cabai yang dibudidayakan diantaranya cabai rawit, cabai merah keriting, dan cabai besar. Pada umumnya budidaya cabai dilakukan secara konvensional di lahan terbuka (*open field*) baik lahan kering (ladang) maupun tanah basah (sawah). Budidaya tanaman cabai memiliki resiko gagal panen yang tinggi disebabkan oleh organisme pengganggu tanaman (OPT) seperti lalat buah, kutu kebul, trips dan kutu daun menjadi hal yang sering ditemui pada tanaman cabai dan penyakit yang wajib diwaspadai adalah penyakit antraknosa. Penyakit ini sering menjadikan tanaman cabai ini gagal panen (Mukaromah et al., 2023)

Upaya untuk menangani sistematis pestisida secara selektif dapat mengatasi serangan OPT dengan cara pemilihan jenis pestisida, volume, dan waktu penyemprotan. Telah dilakukan berbagai upaya untuk mengatasi serangan OPT salah satunya penggunaan *greenhouse* yang berperan membudidayakan tanaman cabai. Efektifitas *greenhouse* sangat didukung dengan peralatan tambahan yaitu *smart farming* yang bertujuan membantu para petani mengurangi serangan OPT pada tanaman cabai sehingga mengurangi kontak antara petani/petugas dalam pengelolaan *green house* (Mukaromah et al., 2023)

Dalam membudidayakan tanaman cabai membutuhkan perhatian khusus seperti kelembapan tanah, *power of Hydrogen* (pH) tanah, intensitas cahaya dan suhu. Tanah tempat penanaman Cabai harus gembur dengan kisaran pH 6,5 – 6,8, Tanaman cabai ini memerlukan air yang cukup namun pemberian air tidak boleh berlebihan, serta iklim dengan angin sepoi-sepoi sangat cocok untuk menanam cabai. Curah hujan yang tinggi akan berpengaruh pada kelembapan tanah tanaman menjadi kelebihan air, Dimana air menjadi salah satu faktor yang akan mempengaruhi kelembapan tanah. Tanaman cabai juga memerlukan intensitas sinar matahari berkisar antara 10-12 jam perhari dengan suhu lingkungan 24°C - 28°C (Yahwe et al., 2016)

Media tanam juga mempengaruhi dalam pembudidayaan tanaman cabai. Salah satu media tanam yaitu sekam padi dan arang. Sekam padi merupakan sekam terdiri dari lemma dan palea beras yang telah dipisahkan dari beras karena proses penggilingan. Pada dasarnya, sekam dianggap sebagai limbah karena manfaat dari sekam masih jarang digunakan oleh masyarakat. Jika sekam diolah dengan cara dibakar akan menghasilkan arang sekam dan abu sekam. Arang dan abu ini memiliki zat aditif yang baik untuk tanah, sehingga sering digunakan sebagai pembenah tanah dan sebagai media tanam organik. Arang sekam memiliki jumlah pori makro dan mikro yang hampir seimbang, sehingga memiliki daya serap air yang tinggi (Gazali et al., 2022).

Berkaitan dengan kualitas pembudidayaan tanaman cabai (Joseph et al., 2023) melakukan penelitian mengenai sistem monitoring kualitas tanah untuk tanaman cabai. Pada penelitian ini dibuat monitoring pada tanaman cabai meliputi pH tanah, kelembapan tanah dan suhu udara berbasis IoT. Sistem dirancang menggunakan Arduino Uno dan ESP8266, dengan sensor input diantaranya DHT11, sensor *soil moisture* dan sensor pH yang data nya akan dikirimkan ke telegram. Penelitian lain dilakukan oleh (Mukhayat et al., 2021) tentang *smart garden* berbasis IoT menggunakan sensor pH tanah, suhu, kelembapan tanah dan intensitas cahaya menggunakan mikrokontroler Arduino dan ESP8266, data yang telah didapatkan

akan dikirimkan ke aplikasi android. Kemudian penelitian (Suryaningrat et al., 2022) melakukan penelitian tentang kelembapan tanaman cabai rawit menggunakan metode irigasi tetes gravitasi. Dengan input sensor *soil moisture* dan motor servo. Sistem irigasi tetes ini menggunakan *database firebase* yang dikirim ke aplikasi android. Kekurangan penelitian ini hanya mengontrol kelembapan tanah saja. Penelitian lain dilakukan oleh (Ristian et al., 2022) mengenai *greenhouse* berbasis IoT. Penelitian ini dapat membaca suhu, pH tanah, kelembapan tanah dan udara. Masukan dari penelitian ini sensor kelembapan tanah, sensor DHT11, dan sensor pH tanah. Keluaran dari penelitian ini merupakan relay yang dapat mengendalikan kipas dan pompa air. Data yang didapatkan pada penelitian tersebut dapat dilihat menggunakan *website*.

Berdasarkan latar belakang atas diatas, maka penelitian ini akan membuat alat sistem monitoring serta pengendalian pH dan kelembapan media tanam sekam padi dan arang untuk *greenhouse* berbasis IoT yang akan membantu dalam sektor pertanian dengan cara kerja memonitoring tanaman dari jarak jauh dengan menggunakan mikrokontroler arduino Mega 2560 dan ESP8266, sensor pH tanah sebagai deteksi kadar hidrogen dan sensor kelembapan tanah jenis *capacitive soil moisture* sebagai deteksi kelembapan tanah. Pengguna dapat mengontrol pengendalian tanah tanaman ini secara langsung melalui *website* dan aplikasi android.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana desain *greenhouse* untuk tanaman cabai?
2. Bagaimana merancang sistem pengukuran pH dan kelembapan tanah pada tanaman cabai menggunakan sensor pH tanah dan sensor kelembapan tanah (*capacitive soil moisture sensor*) dan terintegrasi dengan mikrokontroler arduino Mega 2560 dan ESP8266?

3. Bagaimana mengkalibrasi nilai sensor pH dan kelembapan tanah (*capacitive soil moisture sensor*)?
4. Bagaimana pengendalian kadar pH dan kelembapan tanah pada tanaman cabai yang terintegrasi IoT dengan keluaran berupa *solenoid valve* untuk pengendalian air?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mampu merancang desain *greenhouse* untuk tanaman cabai.
2. Mampu merancang sistem pengukuran pH dan kelembapan tanah pada tanaman cabai menggunakan sensor pH tanah dan sensor kelembapan tanah (*capacitive soil moisture sensor*) yang terintegrasi dengan mikrokontroler arduino Mega 2560 dan ESP8266.
3. Mampu mengkalibrasi nilai sensor pH dan kelembapan tanah (*capacitive soil moisture sensor*)
4. Mampu mengendalikan kadar pH dan kelembapan tanah pada tanaman cabai dengan menggunakan integrasi IoT dengan keluaran berupa *solenoid valve* untuk pengendalian air.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini diharapkan menghasilkan alat yang dapat memonitoring dan mengendalikan pH dan kelembapan tanah sebagai parameter kesuburan suatu tanah menggunakan mikrokontroler arduino Mega 2560 dan ESP8266 dari jarak jauh yang berguna untuk para petani dan juga meningkatkan minat generasi muda dalam hal pertanian yang dilakukan secara jarak jauh serta memiliki teknologi terdepan.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan ESP8266.
2. Menggunakan sensor pH tanah analog yang berfungsi untuk mengukur pH tanah sekam padi dan sekam arang.
3. Menggunakan sensor kelembapan tanah analog *capacitive* untuk mengukur kelembapan tanah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Adapun penelitian yang berhubungan dengan topik penelitian ini yang dijadikan sebagai perbandingan dengan penelitian yang sudah dilakukan dapat dilihat sebagai berikut.

Penelitian yang dilakukan oleh (Mukhayat *et al.*, 2021) tentang sistem monitoring pH tanah, kelembapan tanah, suhu udara dan intensitas cahaya pada tanaman cabai dengan integrasi IoT. Masukan pada penelitian ini menggunakan sensor pH untuk mendeteksi kadar keasaman tanah, sensor kelembapan tanah untuk mendeteksi tingkat kelembapan tanah, sensor LDR untuk mengukur intensitas cahaya dan sensor DHT11 yang berfungsi mendeteksi suhu serta kelembapan udara disekitar tanaman yang terintegrasi dengan arduino Uno dan ESP8266. Keluaran dari sistem ini berupa pompa yang berfungsi sebagai pengendali air dan kipas sebagai pengendali suhu. Pada penelitian ini melakukan kalibrasi dari setiap sensor dimana hasil kalibrasi dari sensor DHT11 dengan rata ratanya 5.0%, sensor kelembapan tanah 6.5%, sensor pH tanah dengan rata rata error 5.8%. Data yang telah terdeteksi oleh sensor lalu masuk ke Arduino uno dan ketika suhu $> 30^{\circ}\text{C}$ kipas akan menyala dan ketika suhu nya $< 29^{\circ}\text{C}$ kipas mati dan ketika kelembapan tanah terdeteksi $< 40\%$ maka pompa air akan menyala dan ketika kelembapan tanah $> 50\%$ maka pompa air akan mati, data data hasil pembacaan sensor akan dikirim ke cloud iot dan akan menghasilkan tampilan data di *interface* android dan menggunakan platform *MIT App Inventor*.

Penelitian yang dilakukan oleh (Dewi et al., 2021) yang berjudul *Smart Farming: Sistem Tanaman Hidroponik Terintegrasi IoT MQTT Panel Berbasis Android* dengan tujuan membuat sistem digitalisasi pada pertanian hidroponik yang terintegrasi dengan *Internet of Things* (IoT) menggunakan Iot MQTT Panel berbasis Android untuk memudahkan pengontrolan secara jarak jauh. Mikrokontroler yang digunakan adalah arduino nano dan ESP8266. Masukan pada penelitian berupa sensor DHT11, sensor kelembapan, dan juga sensor pH. Keluaran pada sistem ini adalah *solenoid valve*. Pada penelitian ini menggunakan broker MQTT yang terhubung dengan aplikasi. Data dideteksi oleh sensor disambungkan ke mikrokontroler yang tersambung ke broker dan dan broker masuk ke MQTT untuk di publish ke aplikasinya. Pada penelitian ini dilakukan pengujian sistem untuk mengukur kestabilan pengiriman data dari android ke mikrokontroler, dari pengujian ini disimpulkan yaitu kecepatan akses data yang dipengaruhi oleh kecepatan akses internet. Hasil pengujian ketika sistem membuat perintah dari aplikasi MQTT IoT panel menuju alat penyiram tidak terdapat *delay* sehingga sistem ini berjalan dengan baik.

Penelitian lain juga mengenai monitoring tanaman juga pernah dilakukan oleh (Fakhrezi et al., 2023) yang berjudul *Rancang Bangun Sistem Monitoring Unsur Hara, Kelembapan, pH Tanah dan Suhu Udara Berbasis IoT Menggunakan Mikrokontroler ESP-32*. Penelitian ini bertujuan membuat perangkat untuk sistem monitoring kadar unsur hara (nitrogen, fosfor, kalium), suhu udara, kelembapan udara, serta pH tanah. Objek pada penelitian ini merupakan tanaman stroberi. Sistem ini memiliki kontrol pusat pada modul *ESP-32*. Masukan pada penelitian ini Pada penelitian ini memakai DHT11, sensor NPK, sensor pH dan sensor *capacitive soil moisture*. Keluaran penelitian ini terdapat LCD16x2 dan aplikasi mobile yang terhubung dengan *firebase realtime database*. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode *waterfall*, dimana setiap tahap dilakukan secara berurutan dan harus diselesaikan tiap tahap demi tahap. Kalibrasi sensor pada penelitian ini didapatkan akurasi untuk sensor NPK unsur N sebesar 98%, unsur P sebesar 98% dan unsur K yaitu 93%, untuk sensor pH mendapatkan akurasi pembacaan sebesar 99.06% , *sensor soil moisture* mendapatkan akurasi 97% dan sensor DHT11 untuk suhu menghasilkan akurasi 98%.

Penelitian lain juga pernah (Dwi et al., 2021) dilakukan oleh membahas tentang penerapan *Internet Of Things Smart Flower Container* Pada Tanaman Hias *Aglaonema* Berbasis Arduino dengan tujuan membuat sistem otomatisasi perawatan tanaman *aglaonema* berbasis IoT. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode pengembangan dan dikembangkan dalam skala 1:2. Masukan pada penelitian ini dari sensor DHT22, pH meter sensor, LDR, DFPlayer, Pompa air, dan Neo-6M. Penelitian ini dikontrol dan di proses menggunakan dua mikrokontroler yaitu Arduino Uno R3 dan juga ESP8266. Arduino yang berpusat sebagai kontrol pada sistem dan ESP8266 berperan untuk mengirim data yang telah diproses oleh Arduino. ESP8266 akan mengirimkan database yang telah diproses oleh Arduino untuk menghasilkan *output* pada *website* yang telah terhubung oleh telegram. LCD 16x2 akan menampilkan data yang berada pada database *website*. Untuk hasil kalibrasi dari sensor suhu rata ratanya 5.0%, Sensor kelembapan 6.5%, sensor pH dengan rata rata error 5.8%. Namun, Pada penelitian ini belum bisa menggunakan android untuk memantau perkembangan kondisi Tanaman *Aglaonema*.

Penelitian dengan judul Realisasi Perangkat Iot Untuk Sistem Monitoring Media Tanam Berbasis *Smart Greenbox* Untuk Pertumbuhan Tanaman Cabai pernah dilakukan juga oleh (Atmadja & Karna, 2022) dengan tujuan monitoring dari jarak jauh pada pertumbuhan tanaman secara *realtime*. *Greenbox* diisi oleh 3 pot tanaman cabai yang sudah melalui proses penyemaian. Penelitian ini memiliki beberapa masukan yaitu DHT-22, BH-1750, sensor YL-69, dan sensor pH probe. Keluaran dari penelitian ini merupakan *Firebase database*. Penelitian ini juga menggunakan dua mikrokontroler yang sebagai pusat kontrol yaitu *ESP-32* dan Arduino Uno yang terhubung dengan *LoRa SX-1278*. Sistem yang dirancang penelitian ini dibagi menjadi 3 pusat pengontrolan, dimana untuk *board 1* untuk *set up realtime*, *board 2* untuk *set up* sensor dan yang ketiga untuk otomasi ketika akan dijalankan sensor akan mendeteksi tanaman cabai. Data yang diperoleh akan dikirim secara *realtime* ke *database* dan diteruskan ke board otomasi. Selanjutnya board otomasi akan menjalankan sistem otomasi penyiraman dan pemupukan sesuai data yang dibaca dengan kriteria jika kategori kelembapan tanah *LOW* dengan nilai ≤ 250 akan dilakukan penyiraman dan jika kategori ph tanah *LOW* dengan nilai $< 3,3$ dan *HIGH*

dengan nilai $> 6,6$ akan dilakukan pemupukan. Pada penelitian ini memberikan kesimpulan sistem monitoring pada tanaman cabai salah satunya yaitu kondisi media tanam cenderung sering berubah karena menggunakan tanah campuran kompos dan serat kelapa sehingga kelembapan tanah lebih cepat menjadi kering.

Penelitian juga pernah dilakukan tentang pemantauan kualitas air dan tanah di bidang pertanian yang dilakukan oleh (Syafiqoh et al., 2018) meneliti tentang Pengembangan *Wireless Sensor Network* Berbasis IoT untuk Sistem Pemantauan Kualitas Air dan Tanah Pertanian dengan tujuan mengembangkan konsep *Wireless Sensor Network* dengan memanfaatkan modul *ESP-8266* untuk memantau nilai pH menggunakan sensor pH meter analog kit dan suhu dari lahan pertanian menggunakan sensor *DS18B20 Waterproof*. Masukan pada ini yaitu sensor *DS18B20 Waterproof*, sensor pH meter analog kit. Sensor *DS18B20 waterproof* merupakan sensor suhu yang memiliki keluaran digital yang berfungsi untuk mendeteksi suhu. Sensor pH Meter Analog Kit merupakan alat ukur pada tingkat keasaman cairan (pH). Keluaran pada penelitian ini berupa LCD dan juga terintegrasi menggunakan node sink serta perangkat lain yang terhubung ke node sink melalui jaringan lokal. Pada penelitian ini memberikan hasil uji kalibrasi sensor tanah untuk nilai rata-rata *error* sensor PH meter analog kit sebesar 91,33%, untuk sensor *DS18B20 waterproof* sebesar 99,09%. Namun, terdapat kekurangan pada penelitian ini yaitu belum dapat mendeteksi kadar unsur hara pada tanah menggunakan sensor N, P, K yang berfungsi untuk mengetahui kadar unsur hara pada tanah.

Pada penelitian yang (P. Setiawan & Anggraeni, 2018) dengan mengangkat tema Purwarupa Sistem Pengairan Sawah Otomatis dengan Arduino Berbasis *Artificial Intelligence* dengan tujuan penelitian yaitu membuat sistem pengairan otomatis dengan *Artificial Intelligence* yang dapat membantu dan menggantikan tugas petani untuk melakukan pengairan secara otomatis sesuai kebutuhan dan kondisi tanaman. Penelitian ini menggunakan metode observasi sampai tahap perancangan alat dan simulasi. Masukan pada penelitian ini berupa sensor kelembapan tanah. Keluaran pada penelitian berupa LCD dan *valve solenoid*. Penyiram tanaman otomatis menggunakan sensor kelembapan tanah ini dirancang berdasarkan teknologi chip

mikrokontroler arduino. Sensor kelembapan tanah akan mendeteksi tingkat kekeringan lahan pertanian. Jika tanah dalam kondisi kering maka mikrokontroler akan memerintahkan *valve solenoid* (kran air yang dapat dikontrol) untuk membuka dan mengalirkan air untuk menyiram tanaman. Jika tanah sudah basah sesuai dengan yang dibutuhkan tanaman maka *valve solenoid* akan menutup.

Penelitian mengenai pH tanah juga pernah dilakukan oleh (Vera et al., 2021) dengan mengangkat judul yaitu Desain Bangun pH Tanah Digital Berbasis Arduino Uno. Penelitian ini memiliki tujuan membuat alat pengukuran pH digital berbasis arduino uno. *Input* pada penelitian ini berupa sensor pH tanah dan baterai, sensor ini akan mendeteksi nilai dari pH tanah yang akan diuji. *Output* pada penelitian ini yaitu berupa LED, LCD, dan *buzzer* yang berperan sebagai alarm yang akan berbunyi secara otomatis. Cara kerja alat pada penelitian ini yaitu apabila *input* pada sensor pH tanah terbaca, maka indikator LED dan buzzer akan memberikan respon berupa bunyi dan cahaya. Selanjutnya, LCD akan menampilkan nilai *output* yang dihasilkan berupa angka serta keterangan asam dan basa. Adapun probe pada sensor pH tanah dapat digunakan dengan kedalaman maksimum 5cm – 6cm, dimana sangat dianjurkan untuk membersihkan probe sebelum dan sesudah penggunaan alat. Pada penelitian ini mendapatkan kesimpulan *range* pengukuran pH pada alat ini yaitu 3,5 sampai dengan 7, hal tersebut membuktikan bahwa alat dapat berjalan dengan cukup baik, namun pada saat mencapai $pH > 8$ sensor memiliki tingkat *error* yang cukup besar sehingga *output* yang dihasilkan berbeda jauh.

2.2 Sensor Kelembapan Tanah (*Capacitive Soil Moisture Sensor*)

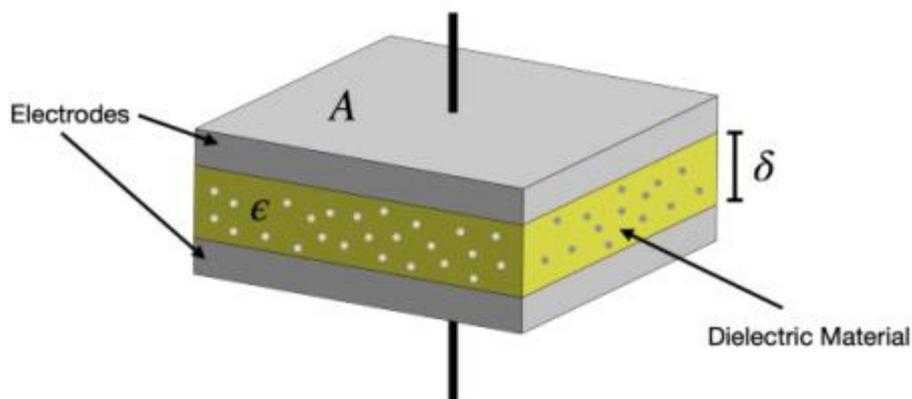
Sensor kelembapan tanah kapasitif merupakan sensor analog yang bertujuan untuk mengukur tingkat kelembapan tanah menggunakan sensor kapasitif, serta memiliki kapasitansi yang bervariasi sesuai dengan jumlah air berada dalam tanah. Kapasitansi diubah menjadi level tegangan mulai dari 1,2 hingga 3,0 volt. Sensor kelembapan tanah kapasitif memiliki manfaat karena sensor ini terbuat dari bahan tahan korosi, sehingga menghasilkan masa pakai yang lama (Wardhana et al.,

2023). Sensor ini akan bekerja pada tegangan 3.3 - 5.5 VDC dan arus sebesar 5mA. Sensor ini menghasilkan keluaran analog 0-3 VDC (Suryaningrat et al., 2022). Bentuk fisik Sensor Kapasitif Kelembapan tanah dapat dilihat pada **Gambar 2.1**



Gambar 2.1 Sensor Kelembapan Tanah (*Capacitive Soil Moisture Sensor*) (Dokumen Pribadi)

Capacitive soil moisture sensor ini menggunakan pembacaan kapasitif untuk mendeteksi kelembapan tanah. Pembacaan kapasitif yaitu mendeteksi perubahan nilai kapasitansi, pada sensor ini nilai kapasitansi berubah akibat perubahan dielektrik. Skema *capacitive soil moisture sensor* dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Skema *capacitive soil moisture* (Hrisko, 2020)

Prinsip kerja *capacitive soil moisture* seperti pada gambar diatas. Terdiri dari pelat elektroda sejajar yang diantaranya disisipkan oleh bahan dielektrik dimana ϵ mewakili permitivitas dielektrik material diantara dua elektroda tersebut.. *Sensor capacitive soil moisture* memiliki dua plat sejajar salah satu contoh yaitu kapasitor sederhana. Kapasitor yang berfungsi untuk menyimpan muatan dan energi Listrik dan kemampuan dalam hal tersebut disebut kapasitansi. Nilai kapasitansi dapat

diubah dengan menggunakan bahan dielektrik. Bahan dielektrik merupakan bahan semikonduktor yang disisipkan diantara dua plat sejajar untuk meningkatkan nilai kapasitif, pada kasus ini adalah tanah. Lihat **Persamaan 2.1** dibawah ini

$$C = \frac{Q}{V} \quad (2.1)$$

Dari **Persamaan 2.1**, nilai kapasitor (C) berbanding lurus dengan muatan listrik (Q), dan nilai kapasitor berbanding terbalik dengan nilai tegangan (V). Berdasarkan **Persamaan 2.1**, maka semakin besar nilai kapasitif maka semakin kecil nilai tegangan yang dihasilkan. Hal ini yang akan diukur oleh sensor, semakin tinggi kelembapan tanah maka semakin kecil nilai tegangan yang dihasilkan. Sehingga hubungan tegangan yang dihasilkan dengan tingkat kelembapan tanah berbanding terbalik. Konstanta dielektrik untuk air adalah sekitar 80 untuk suhu dan tekanan standar (Hrisko, 2020).

2.3 pH

pH atau derajat keasaman adalah jumlah konsentrasi ion (H^+) pada larutan yang menyatakan tingkat keasamaan dan kebasaan yang dimiliki. Istilah pH berasal dari “p” lambang matematika dari negatif logaritma, dan “H” sebagai lambang kimia untuk unsur Hidrogen. Sehingga pH dapat dikatakan sebagai negatif logaritma dari aktivitas ion Hidrogen (H). pH merupakan besaran fisis dan diukur pada skala 0 – 14. pH normal memiliki nilai 7, bila nilai $pH > 7$ menunjukkan zat tersebut memiliki sifat basa sedangkan nilai $pH < 7$ memiliki sifat keasaman. pH 0 menunjukkan derajat keasaman yang tinggi, dan pH 14 menunjukkan derajat keasaman tertinggi. Pengukuran pH dapat dilakukan dengan menggunakan alat ukur. pH suatu larutan dapat ditentukan dengan indikator pH seperti kertas lakmus atau dengan pH meter. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi perubahan nilai pH. Pada tanah, nilai pH dapat dipengaruhi karena adanya pengaruh cuaca, mineral yang terkandung dan tekstur tanah yang tak dapat diubah. Sedangkan, pada air, nilai pH dipengaruhi karena faktor yang terjadi di alam seperti material karbonat, partikel seperti api bahkan petir. Pengukuran pH biasanya dilakukan dengan menggunakan pH meter.

pH meter merupakan alat yang dapat mengukur tingkat pH larutan, zat dan benda lainnya. Sistem pengukuran dalam pH meter menggunakan sistem pengukuran secara potensiometri. pH meter berisi elektroda kerja dan elektroda referensi. Perbedaan potensial antara dua elektroda tersebut sebagai fungsi dari pH dalam larutan yang diukur. Sinyal tegangan yang dihasilkan pada pengukuran dengan elektrode pH berada pada kisaran mV, sehingga perlu diperkuat dengan penguat operasional (Harvyandha et al., 2019; Ngafifuddin et al., 2017; Yusuf & Amin, 2018).

2.4 Sensor pH Tanah

Sensor pH tanah merupakan sensor pendeteksi tingkat keasaman (*acid*) dan kebasaan (*alkali*) pada tanah (Hazim & Widiyari, 2021). pH tanah dapat diartikan sebagai ukuran jumlah ion hidrogen yang terkandung di dalam tanah. pH sangat berpengaruh pada kelangsungan hidup tanaman. Sebagai indikator nilai pH yang digunakan untuk mengukur kesuburan tanah dapat dilihat dari sifat kimianya, karena menunjukkan ketersediaan unsur hara yang terkandung dalam tanah tersebut. Tanaman akan tumbuh dengan baik pada tingkat keasaman (pH) netral. Kadar air merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pH tanah tersebut (Santoso et al., 2022). Sensor pH tanah yang digunakan adalah sensor pH tanah dengan tipe stik yang diproduksi oleh Depoinovasi. Sensor pH tanah ini memiliki dua kabel yang dihubungkan pada pin A0 Arduino Mega 2560 untuk mendeteksi nilai tegangan yang dihasilkan oleh sensor, dan kabel lainnya dihubungkan pada pin GND. Sensor pH tanah dapat disambungkan langsung tanpa harus ada penguat tambahan (Sakhbana et al., 2023). Gambar 2.3 menunjukkan sensor pH tanah dan pada Tabel 2.1 menunjukkan spesifikasi dari sensor pH tanah.



Gambar 2.3 Sensor pH Tanah (Dokumen Pribadi)

Tabel 2.1 Spesifikasi sensor pH Tanah

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Probe	Elektroda khusus pH Tanah
2.	Tegangan	5 Volt
3.	<i>Output</i>	Analog ADC
4.	Dimensi	Panjang probe 16 cm
5.	Berat	500 gr

Sumber : (Wardah, 2019)

Pengujian pendeteksian kadar pH tanah dengan menggunakan sensor pH tanah dan pH meter sebagai perbandingan kinerja sensor yang telah didapatkan pada *datasheet* dengan menggunakan rumus persamaan konversi :

$$(y = -0.0693x + 7.3855) \quad (2.2)$$

dimana x = nilai ADC

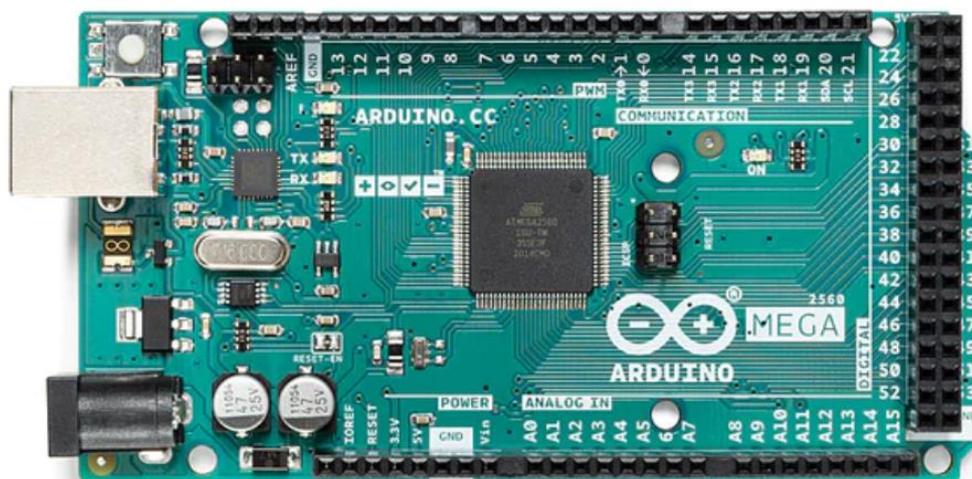
$$y = \text{pH} \quad (2.3)$$

2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan chip mikrokomputer yang secara fisik berupa sebuah IC (*Integrated Circuit*). Mikrokontroler biasanya digunakan dalam sistem yang kecil, murah dan tidak membutuhkan perhitungan yang sangat kompleks. Mikrokontroler bekerja berdasarkan program yang ditanamkan didalamnya, dan program tersebut dibuat sesuai dengan yang diinginkan. Mikrokontroler memiliki jalur-jalur masukan (port masukan) serta jalur-jalur keluaran (port keluaran) yang memungkinkan mikrokontroler tersebut untuk bisa digunakan dalam pembacaan data, pengontrolan serta penyajian informasi (Dharmawan, 2017).

2.5.1 Arduino Mega 2560

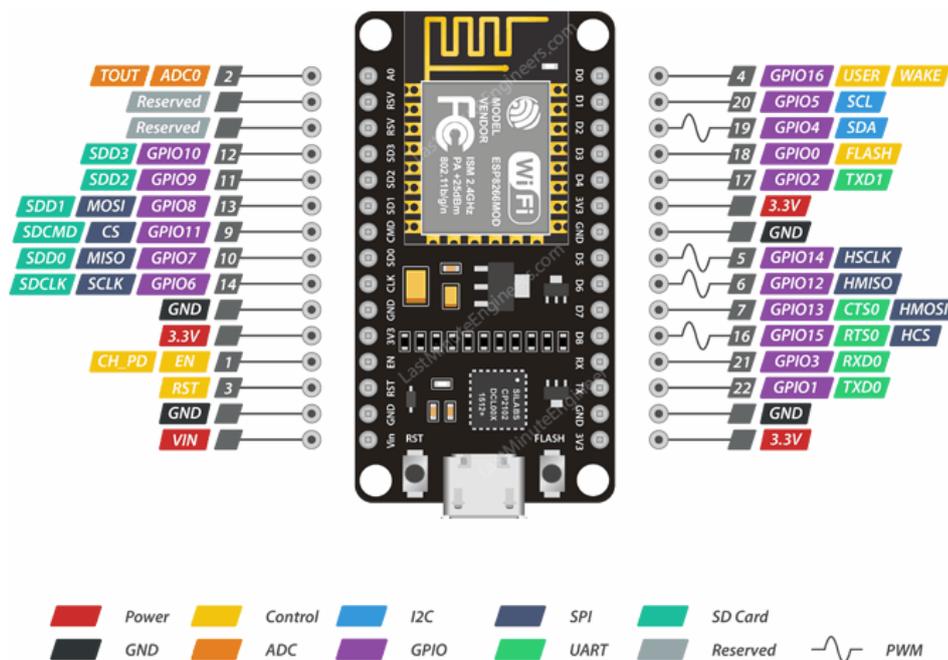
Arduino Mega 2560 adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip ATmega2560. Board ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin analog *input*, 4 pin UART (*serial port hardware*). Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah oscillator 16 Mhz, sebuah port USB, power jack DC, ICSP header, dan tombol reset. Board ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibutuhkan untuk sebuah mikrokontroler (Dharmawan, 2017). Mikrokontroler Atmega 2560 dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Mikrokontroler Atmega 2560 (datasheet Arduino)

2.5.2 ESP-8266

ESP8266 adalah mikrokontroler yang dikenalkan oleh *Espressif System*. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul WiFi dalam chip sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi *Internet of Things*. Terlihat pada **Gambar 2.5** merupakan pin keluaran dari ESP8266. Pin tersebut dapat dijadikan masukan atau keluaran untuk menyalakan LCD, lampu, bahkan untuk menggerakkan motor DC (Imran & Rasul, 2020). ESP8266 juga merupakan *chip* yang cukup lengkap, terdapat prosesor, penyimpanan dan akses pada GPIO (*General Purpose Input Output*). ESP8266 sebuah modul yang bersifat *low power*, *low cost* dan *wearable*. Board ini memiliki *interface USB to UART* yang mudah diprogram dengan program pengembangan aplikasi seperti Arduino IDE (Nizam et al., 2022)



Gambar 2. 5 Pin out mikrokontroler ESP8266 (*datasheet*)

2.6 Tanaman Cabai Merah Besar (*Capsium annum L.*)

Cabai merah (*Capsicum annum L.*) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang penting. Banyaknya manfaat pada cabai yang dapat dipergunakan untuk berbagai keperluan, baik yang berhubungan dengan kegiatan rumah tangga maupun

untuk keperluan lain seperti untuk bahan ramuan obat tradisional, bahan makanan dan minuman serta industri. Tanaman cabai memiliki kandungan gizi dan vitamin di antaranya, protein, lemak, karbohidrat, kalsium, vitamin A, B1 dan vitamin C (Zahroh et al., 2018). Tanaman cabai merah besar (*Capsium annum L.*) yang termasuk tumbuhan yang digolongkan ke dalam anggota genus *Capsicum*. Buah dari tanaman cabai ini digunakan sebagai sayuran maupun bumbu sebagai penguat rasa makanan terutama sebagai bahan rasa pedas karena mengandung minyak atsiri capsaicin (Aditya et al., 2013). Tanaman cabai ini merupakan tanaman semusim yang berdiri tegak, berbentuk perdu, dan menjadi salah satu komoditas paling populer di dunia. Cabai sebagai salah satu produk agribisnis mempunyai sifat yang sangat mudah rusak dan bersifat musiman (Waskito et al., 2018). Cabai merah merupakan komoditas sayuran yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan banyak diusahakan oleh petani di dataran rendah sampai di dataran tinggi. Penanamannya dapat dilakukan di lahan sawah maupun lahan kering. Ada dua jenis cabai merah yang umum dibudidayakan oleh petani Indonesia, yaitu cabai merah besar dan cabai merah keriting. Berdasarkan varietasnya, cabai digolongkan menjadi varietas hibrida dan non hibrida. Varietas Laris merupakan salah satu varietas non hibrida dari jenis cabai merah keriting lokal yang cocok ditanam pada dataran rendah (Zahroh et al., 2018).



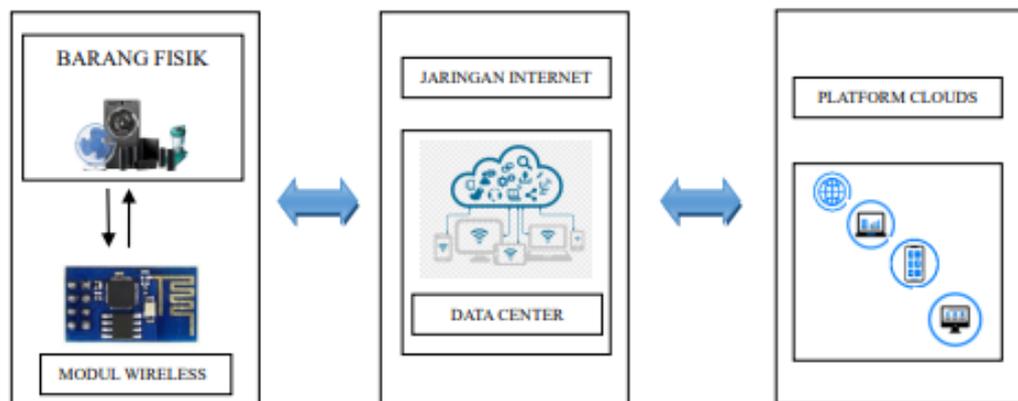
Gambar 2.6 Tanaman cabai (Setiawan,2021)

2.7 *Internet of Things (IoT)*

IoT terdapat kata “*A Things*” dapat didefinisikan sebagai peran subjek dengan contoh orang dengan monitor implan jantung, hewan peternakan dengan transponder biochip. Saat ini, IoT paling erat hubungannya dengan penggunaan komputer di masa datang mampu mendominasi pekerjaan manusia dan mengalahkan kemampuan komputasi manusia seperti mengontrol peralatan elektronik dari jarak jauh menggunakan media internet, IoT memungkinkan pengguna untuk mengelola dan mengoptimalkan elektronik dan peralatan listrik yang menggunakan internet (Junaidi, 2015). IoT memungkinkan objek fisik untuk melihat, mendengar, berpikir dan melakukan pekerjaan dengan membuat mereka berkomunikasi bersama, untuk berbagi informasi dan mengkoordinasikan keputusan. *Internet of communication* (IOC) mengubah benda-benda ini dari yang tradisional menjadi cerdas dengan memanfaatkan dasar teknologi seperti komputasi di mana saja dan meluas, perangkat yang dilengkapi, teknologi komunikasi, jaringan sensor, internet protokol dan aplikasi. Konsep IoT bertujuan untuk membuat internet semakin berkembang dan meluas. Selanjutnya, dengan memungkinkan akses dan interaksi yang mudah dengan berbagai perangkat seperti, peralatan rumah tangga, kamera cctv, sensor pemantauan, aktuator, display, kendaraan, dan sebagainya. IoT akan mendorong pengembangan sejumlah aplikasi yang memanfaatkan jumlah dan variasi data yang berpotensi besar yang dihasilkan oleh objek tersebut untuk memberikan layanan baru kepada warga negara, perusahaan, dan administrasi publik (Kurniawan, 2018).

IoT telah dikembangkan selama beberapa dekade. Alat penemuan pertama tentang internet misalnya adalah mesin Coke di Carnegie Melon University pada tahun 1980-an. Para programmer saling terhubung ke mesin melalui internet, memeriksa status mesin dan menentukan apakah ada atau tidak minuman yang menunggu mereka, tanpa harus pergi ke mesin tersebut. Istilah IoT mulai dikenal pada tahun 1999 yang saat itu pertama disebutkan dalam sebuah presentasi yang disampaikan oleh Kevin Ashton, *co founder and executive director of the Auto-ID Center* di MIT. Semakin berkembangnya infrastruktur internet, maka benda nyata akan terkoneksi dengan internet dan peralatan yang dapat dikenakan manusia

(*wearables*) dan termasuk benda apa saja yang semuanya tersambung ke jaringan lokal dan global menggunakan sensor dan atau aktuator yang aman. Cara Kerja Internet of Things yaitu dengan memanfaatkan sebuah argumentasi pemrograman yang dimana tiap-tiap perintah argumennya itu menghasilkan sebuah interaksi antara sesama mesin yang terhubung secara otomatis tanpa campur tangan manusia dan dalam jarak berapa pun. Internetlah yang menjadi penghubung di antara kedua interaksi mesin tersebut, sementara manusia hanya bertugas sebagai pengatur dan pengawas bekerjanya alat tersebut secara langsung (Ayaz et al., 2019). Prinsip kerja IoT adalah pada 3 elemen utama arsitekturnya, meliputi perangkat keras yang dilengkapi modulnya, perangkat koneksi ke internet seperti Modem, dan *Cloud Data Center* yang berfungsi untuk menyimpan aplikasi beserta database sistem. Pada **Gambar 2.6** menunjukkan konsep kerja IoT

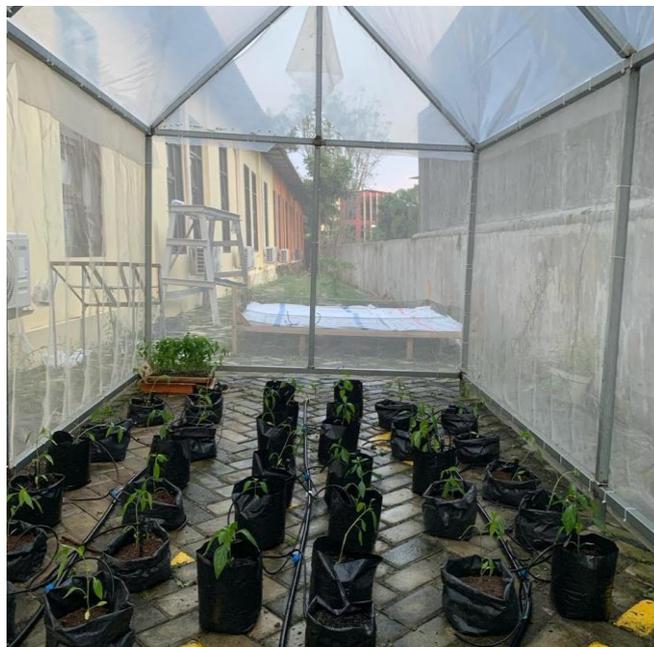


Gambar 2.7 Konsep Kerja IoT (Triyanto & Ristian, 2021)

2.8 *Greenhouse*

Greenhouse atau dikenal sebagai rumah kaca, dimanfaatkan untuk membudidayakan tanaman hortikultura seperti sayuran dan tanaman hias. *Greenhouse* merupakan sebuah bangunan konstruksi dengan atap tertembus oleh cahaya yang berfungsi memanipulasi kondisi lingkungan untuk menjaga tanaman yang berada di dalamnya tumbuh lebih optimal. Manipulasi lingkungan ini dilakukan dengan dua hal, yaitu menghindari kondisi lingkungan yang tidak dikehendaki dan memunculkan kondisi lingkungan yang dikehendaki. Di daerah tropis sangat memungkinkan untuk membangun *greenhouse* dan memiliki banyak

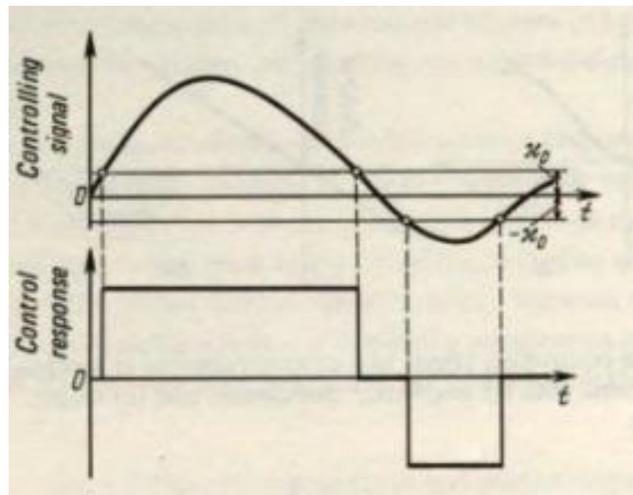
keuntungan dalam produksi dan budidaya tanaman. Produksi pada *greenhouse* dapat dilakukan sepanjang tahun, dimana produksi yang kencang. Struktur *greenhouse* di daerah tropis sering menggunakan sisinya untuk melindungi dan mengontrol suhu dengan menggunakan ventilasi alamiah maupun terkontrol dengan dilapisi jala (*screens*) yang mampu mengurangi serangan serangga dan hama (R. Setiawan et al., 2021) *Greenhouse* berfungsi sebagai tempat pembudidayaan tanaman, penelitian terhadap pertumbuhan tanaman, atau pemeliharaan tanaman agar terhindar dari hama maupun kondisi lingkungan yang ekstrim. Hal ini berguna pemeliharaan tanaman yang lebih terkontrol dan pertumbuhannya lebih maksimal. Oleh karena itu, sangat memungkinkan kondisi yang ada di lingkungan *greenhouse* dapat dipantau dan dikontrol (Triyanto & Ristian, 2021). Iklim memiliki pengaruh penting terhadap kondisi fungsional *Greenhouse* dalam menciptakan kondisi yang optimal bagi budidaya tanaman. Sehingga, diperlukan analisis fungsional bangunan *greenhouse* yang erat kaitannya dengan kesesuaian kondisi iklim mikro terhadap syarat tumbuh optimal tanaman di dalam bangunan. **Gambar 2.8** dibawah ini merupakan bentuk fisik dari *Greenhouse* yang berada di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.



Gambar 2. 8 *Greenhouse* Fisika FMIPA Unila (Dokumen Pribadi)

2.9 Relay

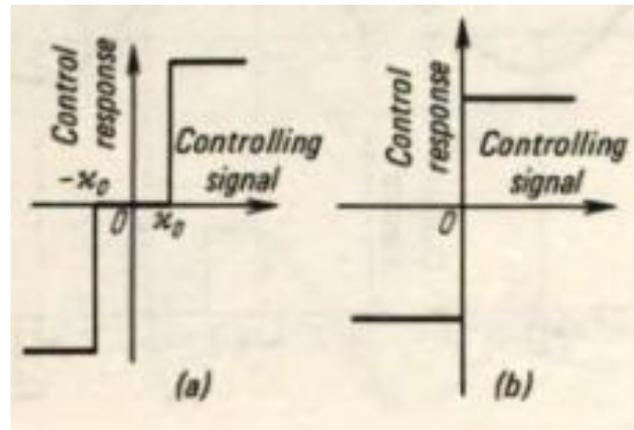
Relay adalah komponen elektronika berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Secara prinsip, relay merupakan tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi (solenoid) di dekatnya. Ketika solenoid dialiri arus listrik, tuas akan menarik karena adanya gaya magnet yang terjadi pada solenoid sehingga kontak saklar menutup. Pada saat arus dihentikan gaya magnet akan hilang, tuas akan kembali ke posisi semula dan kontak saklar kembali terbuka. Relay biasanya digunakan untuk menggerakkan arus / tegangan yang besar (misalnya peralatan listrik 4 A / AC 220 V) dengan memakai arus / tegangan yang kecil (misalnya 0.1 A / 12 Volt DC) (Turang, 2015). Sistem kendali relay banyak digunakan dalam berbagai bidang teknologi karena lebih sederhana yang memiliki sifat dinamis yang lebih baik dibandingkan jenis sistem kendali lainnya. Teori terpenting pada relay adalah fungsi transfer serta karakteristik frekuensi dan waktu, yang mencakup respon impuls. Relay memiliki otomatis sistem dalam sistem relay otomatis, respons kendali berubah dengan lompatan setiap kali sinyal pengendali melebihi nilai tetap tertentu, yang disebut nilai ambang batas (*threshold values*) seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.9**.



Gambar 2. 9 Kontrol sinyal dan kontrol respon pada sistem kontrol relay (Wilamowski & Irwin, 2018)

Pada sistem otomatis relay karakteristiknya, yang menyatakan hubungan antara sinyal pengontrol dan respon kontrol, sering kali berbentuk seperti yang diilustrasikan pada **Gambar 2.10a** di sini nilai ambang batas menentukan zona mati

elemen relay. Seperti **Gambar 2.9** untuk elemen relay dengan zona mati, respons kendali hanya dapat mengambil tiga nilai : nilai terkecil, terbesar dan nol. Dalam kasus pembatas nilai ambang sama dengan nol, dan diperoleh elemen ideal yang karakteristiknya berbentuk seperti yang diilustrasikan pada **Gambar 2.10b**



Gambar 2.10 Karakteristik elemen relay dengan (a) dan tanpa (b) zona mati (Wilamowski & Irwin, 2018)

Relay dapat memutuskan dan menghubungkan supply ke peralatan listrik lainnya. Rangkaian driver ini didesain sesuai program mikrokontroler dimana terdapat sinyal kontrol dari mikrokontroler. Jika sinyal ini berlogika tinggi (5volt), maka lampu yang dikontrol akan terhubung dengan line AC dan apabila sinyal berlogika (0 volt) maka lampu yang di kontrol akan terputus dengan line AC. Pada dasarnya relay terdiri dari 4 komponen dasar, yaitu :

- 1) *Electromagnet (Coil)*
- 2) *Armature*
- 3) *Switch Contact Point (Saklar)*
- 4) *Spring*

(Risanty & Arianto, 2017)

Pada **Gambar 2.11** menunjukkan komponen relay yang pada umumnya digunakan untuk membuat alat elektronika.



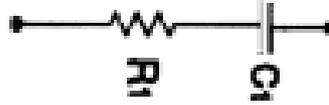
Gambar 2.11 Relay 2 Channel (Dokumen Pribadi)

2.10 RC Snubber

Snubber adalah bagian penting dari elektronika daya. *Snubber* adalah jaringan kecil komponen dalam sirkuit pengalihan daya yang berfungsi untuk mengontrol efek reaktansi sirkuit. *Snubber* meningkatkan kinerja sirkuit, menghasilkan keandalan yang lebih tinggi, frekuensi *switching* yang lebih tinggi, dan gangguan elektromagnetik yang lebih rendah. Tujuan dasar dari *snubber* adalah untuk menyerap energi dari elemen reaktif di sirkuit. Manfaat dari hal ini dapat mencakup redaman sirkuit, mengendalikan laju perubahan tegangan atau arus, atau menjepit *overshoot* tegangan. Dalam menjalankan fungsi-fungsi ini, *snubber* membatasi jumlah tekanan yang harus ditanggung oleh saklar dan ini meningkatkan keandalan saklar. *Snubber* terbagi beberapa yaitu *snubber* aktif, pasif disipatif dan *snubber* non-disipatif.

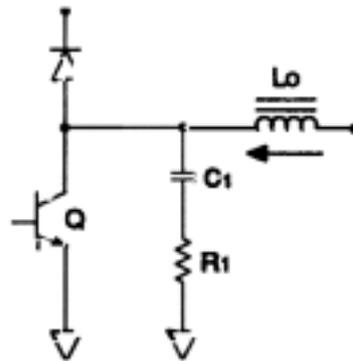
Snubber aktif menggunakan komponen aktif seperti transistor dalam rangkaian untuk mengontrol energi yang diserap oleh *snubber*. *Snubber* aktif ini memiliki kemampuan untuk memindahkan energi yang diserap ke sumber daya lain, hal ini dapat memberikan efisiensi yang lebih baik dibandingkan dengan *snubber* pasif karena energi yang diserap dapat digunakan kembali atau dialihkan. *Snubber* pasif disipatif menggunakan resistor untuk menyerap energi yang didisipasikan sebagai panas. Komponen utama dalam *snubber* pasif disipatif adalah resistor dan kapasitor. *Snubber* jenis ini membuang energi yang diserap sebagai panas, sehingga tidak memiliki efisiensi energi yang tinggi. *Snubber* non-disipatif tidak membuang energi

yang diserap sebagai panas, melainkan menyimpannya kembali ke sistem atau mengembalikannya ke sumber daya, umumnya menggunakan induktor untuk menyimpan energi yang diserap.



Gambar 2.12 Rangkaian RC *Snubber* sederhana (Rahmawati, 2023)

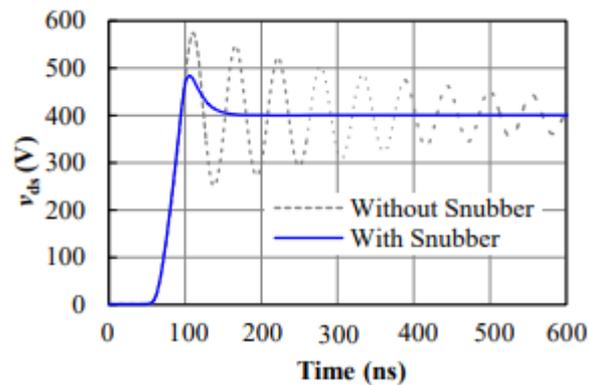
Ditunjukkan pada **Gambar 2.12** Snubber RC Sederhana yang memberikan redaman resonansi parasite pada tahap daya dan memungkinkan yang paling banyak digunakan dari semua sirkuit snubber. Snubber RC sederhana adalah salah satu snubber yang efektif dalam konfigurasi saklar dorong-tarik klasik.



Gambar 2.13 Rangkaian *Snubber* pada rangkaian saklar umum (Rahmawati, 2023).

Pada **Gambar 2.13** ketika rangkaian saklar umum adalah beban induktif yang dijepit jadi dalam bentuk ideal yang ditunjukkan di sini tidak ada resonansi parasit untuk meredam. Dalam hal ini RC snubber dapat digunakan untuk mengurangi daya puncak disipasi dalam saklar. Jika nilai R dan C dipilih dengan benar, kerugian saklar dapat terjadi berkurang hingga 40% termasuk kerugian di sakelar dan kerugian pada resistor selama siklus peralihan (Rahmawati, 2023).

Terdapat salah satu kasus yang membuktikan efek dari penggunaan RC Snubber ini yang dilakukan oleh (Yatsugi et al., 2018) dapat dilihat pada **Gambar 2.14**



Gambar 2.14 Grafik perbandingan pemakaian dan tidak memakai RC Snubber (Yatsugi et al., 2018)

Pada **Gambar 2.14** menunjukkan perbandingan ketika sebuah sistem memakai rangkaian RC Snubber dan tidak memakai rangkaian RC Snubber. Terdapat lompatan kenaikan tegangan pada detik ke-100. Ketika tidak memakai rangkaian RC Snubber semakin lama maka tegangan tidak stabil. Namun, ketika memakai rangkaian RC Snubber ketika terdapat lonjakan tegangan pada detik berikutnya tegangan langsung mengalami kestabilan.

2.11 Website

Internet merupakan bagian dari teknologi informasi yang keberadaannya terus berkembang dari tahun ketahun. Dalam pemanfaatannya, pengguna internet semakin hari semakin meningkat. Melihat luasnya cakupan wilayah yang dijangkau oleh jaringan internet untuk mencari informasi. Dari banyaknya layanan yang diberikan internet, *website* salah satu media informasi yang cepat untuk menyajikan informasi dari suatu objek kepada pengunjung internet. *Website* adalah sebuah media yang berisi halaman halaman yang berisi informasi yang bisa diakses lewat jalur internet dan dapat dinikmati secara global (seluruh dunia) Sebuah website pada dasarnya adalah barisan kode-kode yang berisi kumpulan perintah, yang kemudian diterjemahkan melalui sebuah browser (Susilawati et al., 2020).

Website merupakan kumpulan dari halaman-halaman situs, yang biasanya terangkum dalam sebuah domain atau subdomain, yang tempatnya berada di dalam *World Wide Web* (WWW) di internet. Sebuah halaman web adalah dokumen yang

ditulis dalam format HTML (*Hyper Text Markup Language*), yang hampir selalu bisa diakses melalui HTTP, yaitu protokol yang menyampaikan informasi dari server website untuk ditampilkan kepada para pemakai melalui *web* browser. Semua publikasi dari *website-website* tersebut dapat membentuk sebuah jaringan informasi yang sangat besar. Halaman-halaman dari *website* akan bisa diakses melalui sebuah URL yang biasa disebut *Homepage*. URL ini mengatur halaman-halaman situs untuk menjadi sebuah hirarki, meskipun, *hyperlink-hyperlink* yang ada di halaman tersebut mengatur para pembaca dan memberitahu mereka susunan keseluruhan dan bagaimana arus informasi ini berjalan. Beberapa *website* membutuhkan subskripsi (data masukan) agar para *user* bisa mengakses sebagian atau keseluruhan isi *website* tersebut (Trimarsiah & Arafat, 2017).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Perancangan dan pengujian alat dilakukan di Laboratorium IoT Center Institut Informatika dan Bisnis (IIB) Darmajaya dan Laboratorium Elektronika dasar Gedung Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Waktu pelaksanaan penelitian dimulai dari bulan Oktober 2023 dengan rencana selesai pada bulan Februari 2024.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada **Tabel 3.1**

Tabel 3.1 Alat-alat penelitian

No.	Nama	Fungsi
1.	Solder	Untuk memasang atau membongkar komponen elektronika pada papan PCB.
2.	Papan PCB	Untuk membuat papan rangkaian alat penelitian.
3.	Kawat timah	Untuk merekatkan komponen elektronika
4.	Laptop	Untuk membuat program sebuah sistem
5.	Lem tembak	Untuk sementara menahan komponen elektronika.
6.	Peralatan kerja lainnya	Sebagai pendukung dalam pembuatan alat, seperti obeng, tang dan lain-lain

Daftar pada **Tabel 3.2** menunjukkan bahan yang akan digunakan pada penelitian ini.

Tabel 3.2 Bahan-bahan Penelitian

No.	Nama	Fungsi
1.	ESP8266	Untuk mengolah data pengukuran.
2.	Sensor pH tanah	Untuk mengukur tingkat keasaman (pH) tanah.
3.	<i>Capacitive soil moisture sensor</i>	Untuk mengukur kelembapan tanah.
4.	<i>Power supply 5V</i>	Untuk memberikan daya pada ESP8266, sensor dan rangkaian lainnya.
5.	Arduino Atmega 2560	Untuk mengontrol kerja sistem yang telah ditanamkan sebuah perintah untuk mengontrol alat tersebut
6.	Kabel jumper	Untuk menghubungkan rangkaian elektronika.
7.	<i>Relay</i>	Untuk mengontrol aliran arus listrik dalam rangkaian elektronika.
8.	Arang sekam padi	Untuk objek percobaan penelitian.
9.	<i>Solenoid valve</i>	Untuk pengendalian air ke area tanaman.
10.	<i>Polybag</i>	Sebagai media tempat untuk menanam tanaman
11.	<i>Water Box</i>	Untuk tempat penampungan air
12.	Tanaman Cabai	Untuk media objek tanaman
13.	<i>Plastic UV</i>	Untuk menangkap serta menyerap sinar matahari langsung terhadap tanaman.

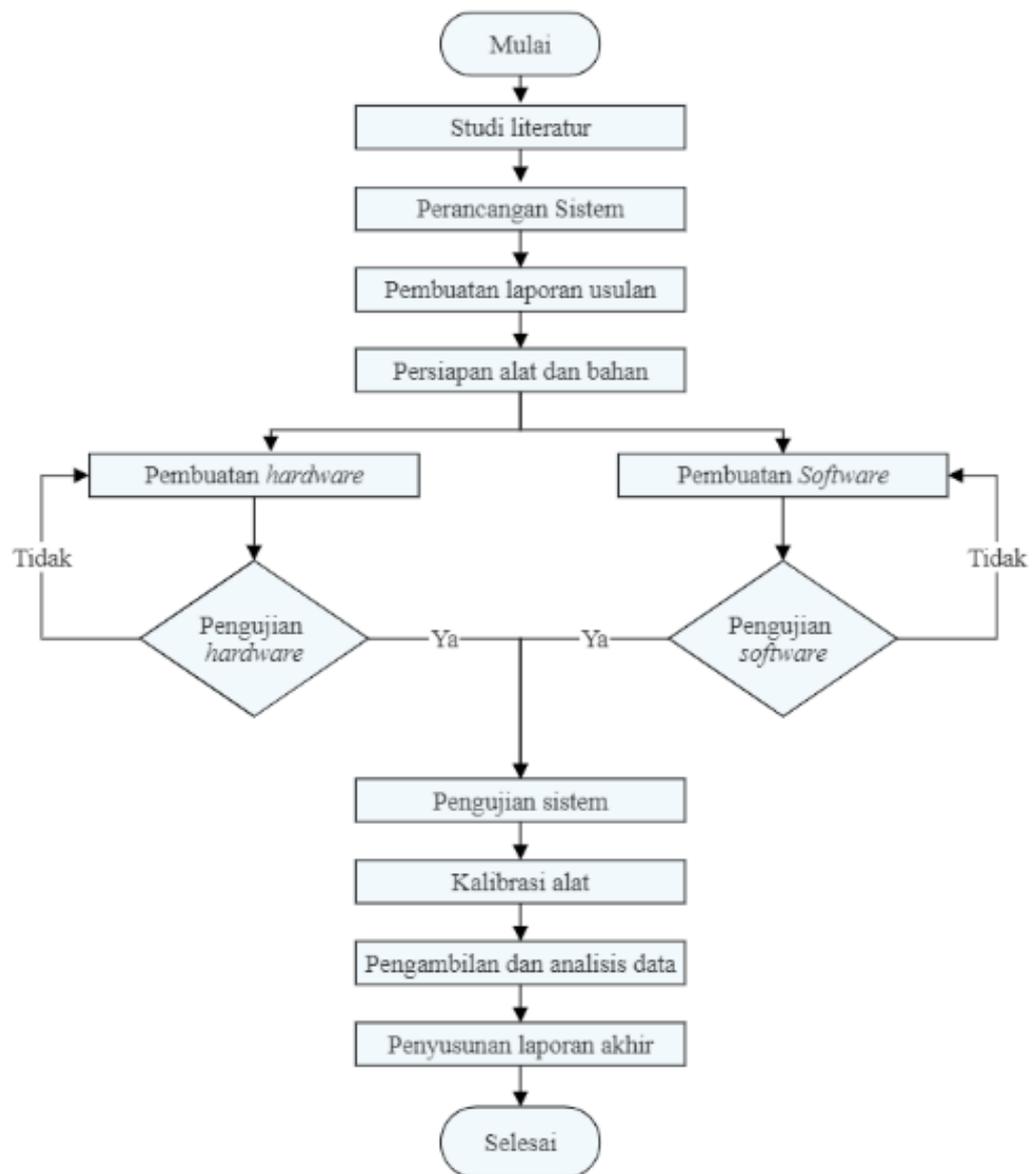
Daftar pada **Tabel 3.3** adalah daftar perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 3.3 Perangkat lunak pada penelitian

No.	Nama	Fungsi
1.	IDE Arduino	Untuk membuat program yang akan dijalankan pada ESP8266.
2.	Fritzing	Untuk membuat desain skema dan layout rangkaian.
3.	Microsoft Office Word 2019	Untuk menulis laporan penelitian.
4.	Virtual Studio Code	Untuk membuat sebuah algoritma pemrograman membuat website dan aplikasi
5.	Browser	Untuk mengakses website sistem

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dilakukan untuk membuat sebuah alat monitoring tingkat keasaman (pH) tanah dan kelembapan tanah pada arang sekam padi berbasis Iot. Diagram alir yang menggambarkan tahap-tahap penyelesaian penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 3.1**.



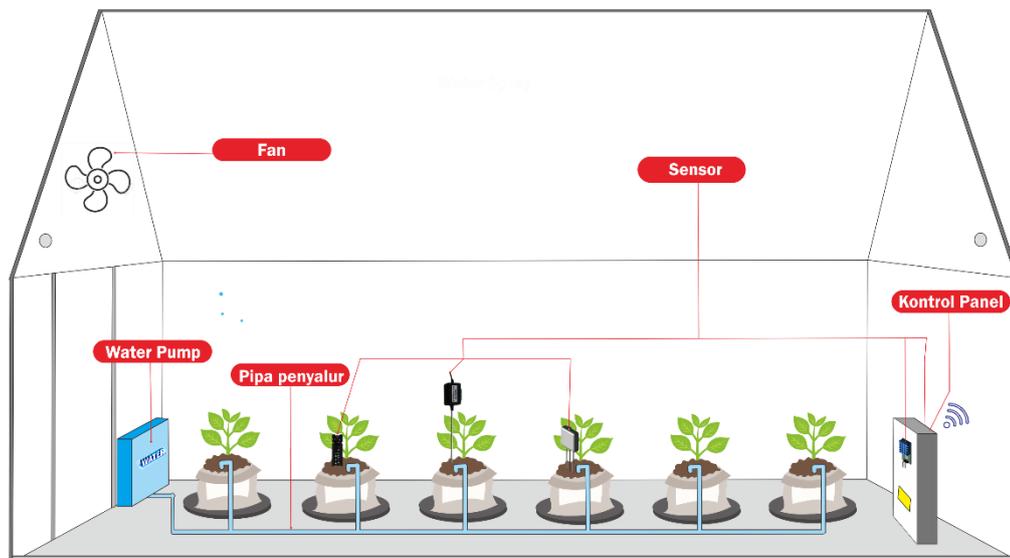
Gambar 3.1 Diagram alir prosedur penelitian

Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur dari berbagai sumber seperti jurnal, buku ataupun sumber lain, studi literatur dilakukan sebagai dasar dalam melakukan penelitian dan juga penulisan laporan yang dilakukan. Langkah selanjutnya melakukan persiapan alat dan bahan untuk merancang perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perancangan *hardware* dilakukan dengan menyiapkan ESP8266, Mikrokontroler Arduino atmega 2560, pH meter, *capacitive soil moisture sensor*, *power supply* 12V, LCD, kabel jumper, *relay*, RC Snubber, media tanam sekam padi dan arang, media tanam kebun singkong, media tanam kebun cabai, *solenoid valve* dan alat pendukung lain seperti solder, lem

tembak, kawat timah serta alat lainnya. Setelah persiapan *hardware*, perlu untuk merancang *software* untuk membuat program dilakukan dengan menggunakan *software* Arduino IDE, program yang dibuat digunakan untuk memproses hasil pengukuran dari sensor pH tanah dan juga *capacitive soil moisture sensor* pada mikrokontroler Arduino Atmega ESP8266 yang ditampilkan pada LCD, menyalakan penyiraman otomatis dan mengirim nilai sensor melalui media IoT. Pengujian *hardware* dan *software* selanjutnya dilakukan setelah melakukan perancangan untuk mengetahui keberhasilan rancangan yang dibuat, setelah itu dilakukan pengujian keseluruhan sistem dengan menguji program pada *software* Arduino IDE untuk menjalankan *hardware* sampai dengan keluaran berupa penyiraman yang dikendalikan melalui aplikasi *mobile* setelah berhasil kemudian dilakukan kalibrasi dengan alat ukur standar, pengambilan data dan penyusunan laporan penelitian.

3.3.1 Perancangan Greenhouse

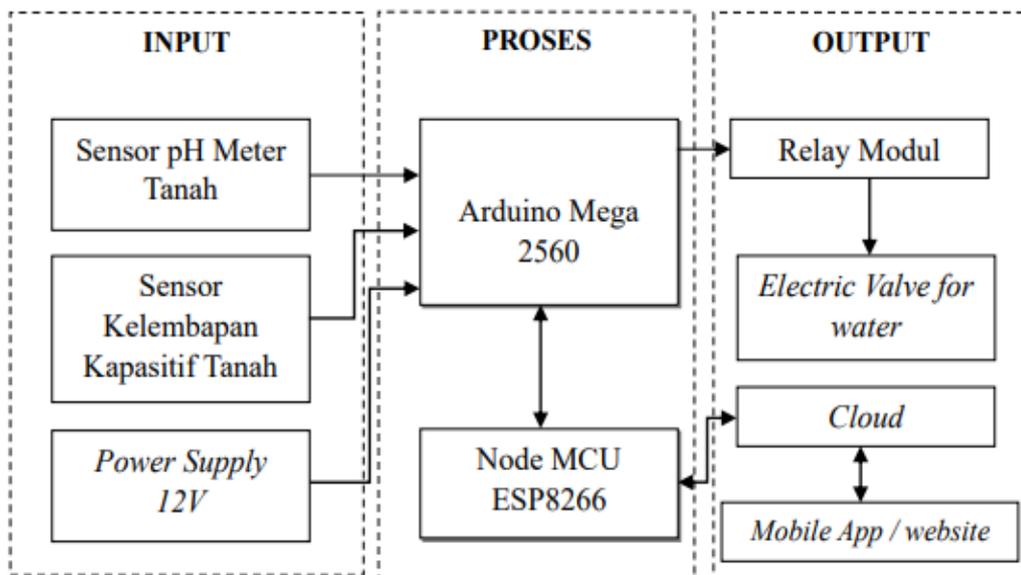
Perancangan *greenhouse* ini yang menjadi objek sekaligus implementasi pengambilan data dari alat pada penelitian ini. *Greenhouse* ini dibangun di Gedung Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Memiliki panjang bangunan 4 meter dan lebar 2 meter serta tinggi 2 meter. Material penutup *greenhouse* ini terbuat dari plastik UV yang berfungsi untuk menyerap cahaya UV pada tanaman dan *insect net* yang berfungsi menjaga tanaman dari serangan serangga. Seperti pada **Gambar 3.2** *Greenhouse* ini memiliki konsep pertanian cerdas sehingga memiliki komponen-komponen utama seperti beberapa masukan sensor yang berfungsi untuk mendeteksi baik kadar tanah, unsur hara maupun suhu di *greenhouse* (Sensor pH, *capacitive soil moisture sensor*, sensor DHT11, dan Sensor NPK) sebagai masukan serta memiliki keluaran yang dapat dikendalikan yaitu *water pump*, *solenoid valve*, *fan*.



Gambar 3.2 Perancangan greenhouse berbasis Smart Farming (Dokumen Pribadi)

3.3.2 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

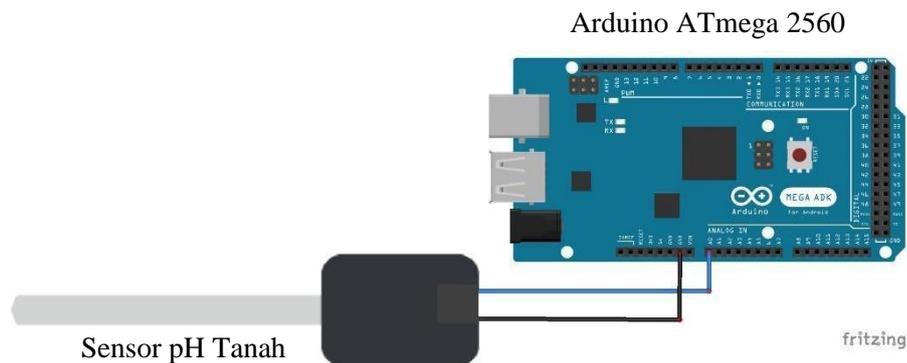
Perancangan *hardware* sistem pengukur pH, kelembapan tanah dan penyiraman berbasis IoT (*Internet of Things*) dapat dilihat pada diagram blok yang ditunjukkan pada **Gambar 3.3**



Gambar 3.3 Desain sistem *hardware*

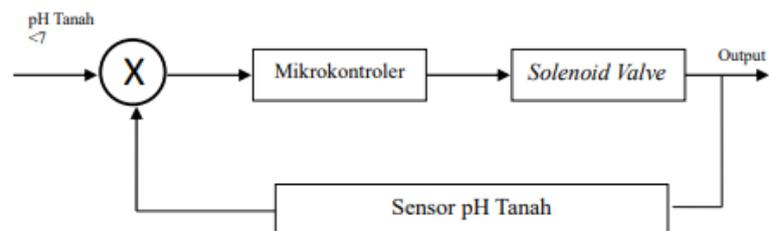
3.3.2.1 Sensor pH Tanah

Rangkaian pengendalian sensor pH tanah terdiri dari sensor pH tanah yang dirangkai dengan Arduino. Sensor pH tanah memiliki dua kabel utama yaitu GND dan data, kabel tersebut dihubungkan pada Arduino Atmega 2560 dengan kabel GND dihubungkan ke pin GND dan kabel data ke pin analog A0. **Gambar 3.4** menunjukkan ilustrasi rangkaian sensor pH tanah.



Gambar 3.4 Rangkaian sensor pH Tanah

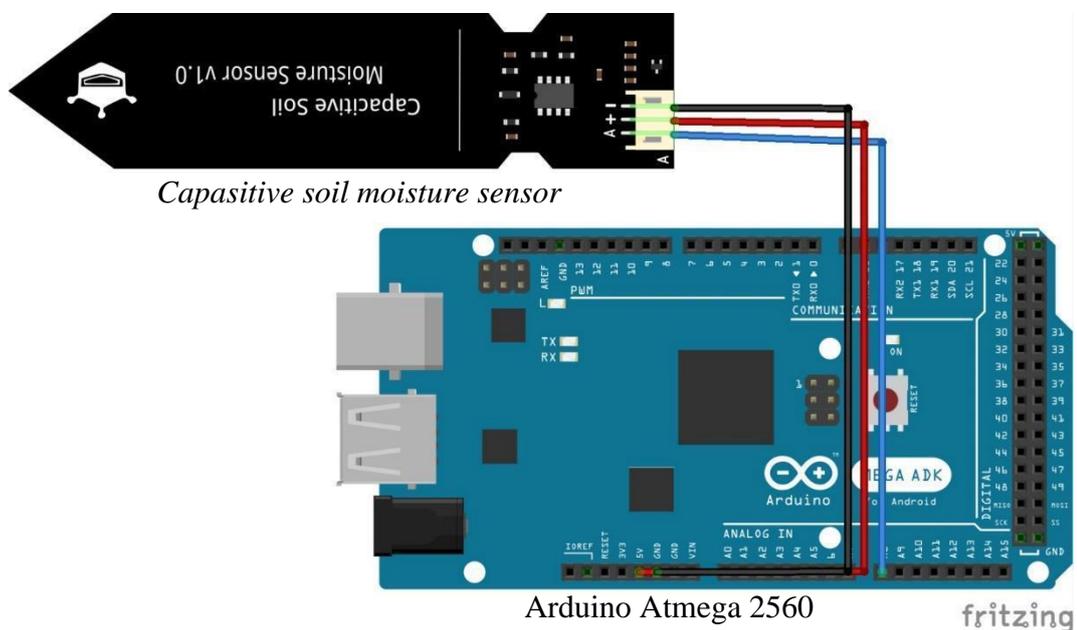
Pada **Gambar 3.4** menunjukkan rangkaian sensor pH Tanah mendapat daya yang dibutuhkan dari sumber tegangan. Sensor pH tanah akan menghasilkan data analog saat sensor menyentuh objek kemudian data analog akan diproses oleh Arduino Atmega 2560 dengan ADC (*Analog to Digital Converter*) yang dideteksi oleh pin A0 sehingga data dapat dibaca dalam satuan pH. Ketika data pH tanah terbaca maka akan diproses oleh arduino, ketika rentan pH dibawah pH netral yaitu 7 maka harus diberikan aksi yang dapat menetralkan tanah tersebut dengan cara menambahkan air dengan membuka *solenoid valve* ketika pH sudah mencapai 7 maka *solenoid valve* ditutup kembali. Diagram blok pengendalian pH tanah dapat dilihat pada **Gambar 3.5**



Gambar 3.5 Diagram Blok Pengendalian Sensor pH Tanah

3.3.2.2 Sensor Kelembapan Tanah

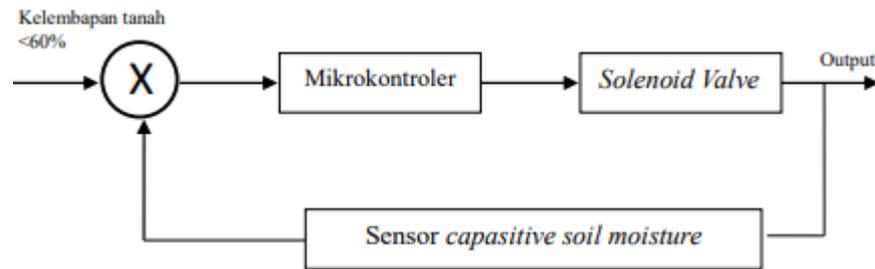
Rangkaian pengendali sensor kelembapan tanah terdiri dari *capacitive soil moisture sensor* dan Arduino ATmega 2560. *Capacitive soil moisture sensor* memiliki 3 kabel yaitu analog, VCC dan GND yang dihubungkan pada Arduino Atmega 2560. *Output* pada sensor tegangan ini berupa nilai ADC. *Capacitive soil moisture sensor* digunakan pada penelitian ini karena memiliki bahan tahan terhadap korosi sehingga dapat dipakai sampai jangka waktu yang lama. **Gambar 3.6** menunjukkan rangkaian sensor kelembapan tanah dengan Arduino ATmega 2560.



Gambar 3.6 Rangkaian sensor *capacitive soil moisture*

Pada **Gambar 3.6** menunjukkan rangkaian *capacitive soil moisture sensor* mendapat daya yang dibutuhkan dari sumber tegangan. *Capacitive soil moisture sensor* akan menghasilkan data analog saat sensor menyentuh objek kemudian data analog akan diproses oleh Arduino ATmega 2560 dengan ADC yang dideteksi oleh pin A0 sehingga data dapat dibaca dalam satuan persen. Ketika data *capacitive soil moisture sensor* terbaca maka akan diproses oleh arduino. Kelembapan tanah dibawah rentan yaitu $<60\%$ maka harus diberikan aksi yang dapat mengembalikan kelembapan tanah tersebut dengan cara menambahkan air dengan membuka *solenoid valve* ketika kelembapan sudah ada pada rentang >60 maka *solenoid valve*

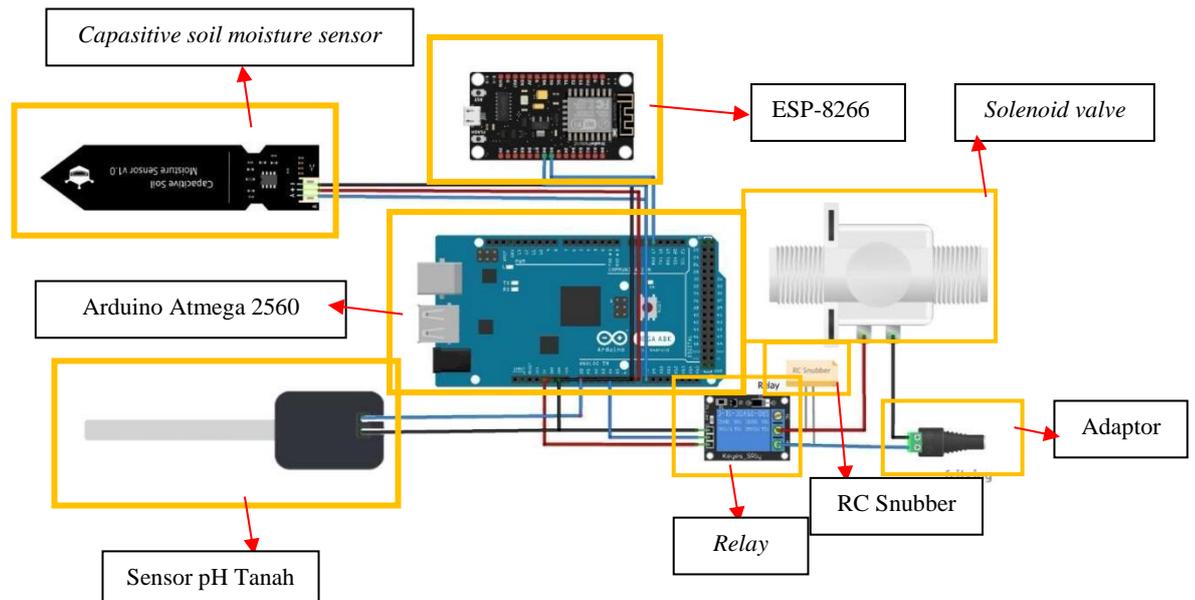
ditutup kembali. Diagram blok pengendalian pH tanah dapat dilihat pada **Gambar 3.7**



Gambar 3. 7 Diagram Blok Pengendalian Sensor *capacitive soil moisture*

3.3.2.3 Sistem Pengendalian dan Monitoring Kesuburan Tanah

Alat yang dirancang memiliki sistem monitoring dan pengendalian untuk menghasilkan dan mengolah data pH tanah dan kelembapan tanah. Sistem tersebut merupakan seluruh komponen yang terhubung seperti sensor pH tanah, sensor kelembapan tanah (*capacitive soil moisture sensor*), menggunakan *power supply* 5 dan 12V serta dua mikrokontroler yaitu Arduino Atmega 2560 dan juga ESP8266 sebagai proses kontrol sistem pada penelitian ini. Modul *ESP-8266* berfungsi sebagai komponen yang melakukan proses pengiriman data yang telah diproses oleh Arduino Atmega 2560. Proses penghubungan antara dua mikrokontroler diatas yaitu Arduino Mega 2560 dan juga ESP8266 dengan cara menghubungkan pin rx dan tx di masing – masing mikrokontroler. Pin rx pada ESP8266 terdapat pada pin D6 dan juga pin tx terdapat pada pin D5. Pin D6 dan juga D5 dihubungkan ke pin rx dan juga tx Arduino Mega 2560. Sensor pH yang terhubung pada pin A0 dan sensor kelembapan tanah (*capacitive soil moisture sensor*) yang terhubung pada pin analog A8 di Arduino Atmega 2560. Keluaran pada sistem yang dibuat pada penelitian ini berupa *solenoid valve* dan juga *website* dan *mobile apps*. Rangkaian dari sistem monitoring ditunjukkan pada **Gambar 3.8** dan **Tabel 3.4** menunjukkan rincian pin pada sistem yang digunakan komponen-komponen tersebut.



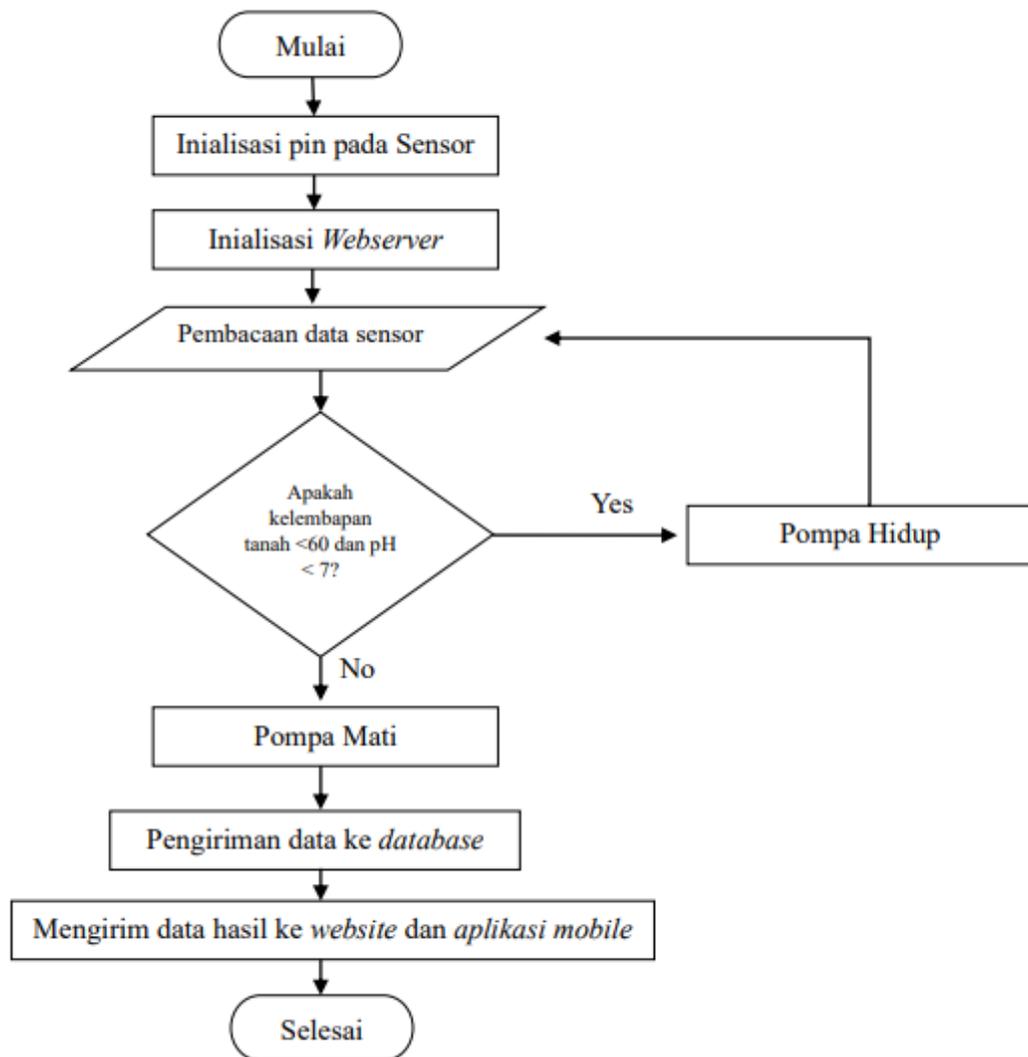
Gambar 3.8 Rangkaian Sistem monitoring dan pengendalian alat indikator kesuburan tanah

Tabel 3.4 Pemetaan pin dengan seluruh komponen

No.	Posisi Pin	Pin Komponen
1.	Pin A0	Pin analog sensor pH tanah
2.	Pin A8	Pin analog sensor kelembapan tanah

3.3.3 Perancangan Sistem

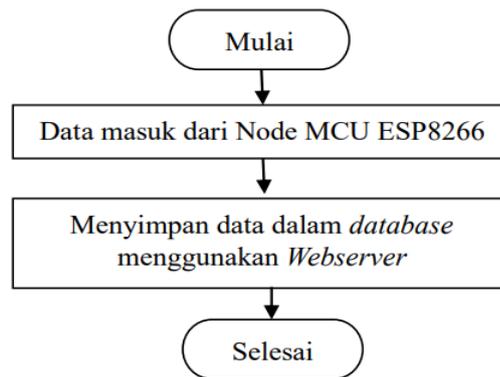
Perancangan untuk sistem monitoring pH, kelembapan tanah dan penyiraman ini dikendalikan oleh NodeMCU ESP8266 dan Mikrokontroler Arduino Mega 2560. Sensor yang dihubungkan ke mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan NodeMCU ESP8266 akan membaca data pada sampel tanah. Kemudian, setelah sensor mendeteksi besar pH dan kelembapan tanah akan disimpan sementara oleh Arduino Mega 2560 dan dikirim menggunakan ESP8266. Database akan menyimpan data yang telah dikirimkan oleh ESP8266. Data yang telah tersimpan pada *database* akan ditampilkan di *website* dan juga *mobile apps*. Adapun diagram alir perancangan sistem dapat dilihat pada **Gambar 3.9**.



Gambar 3.9 Diagram alir sistem

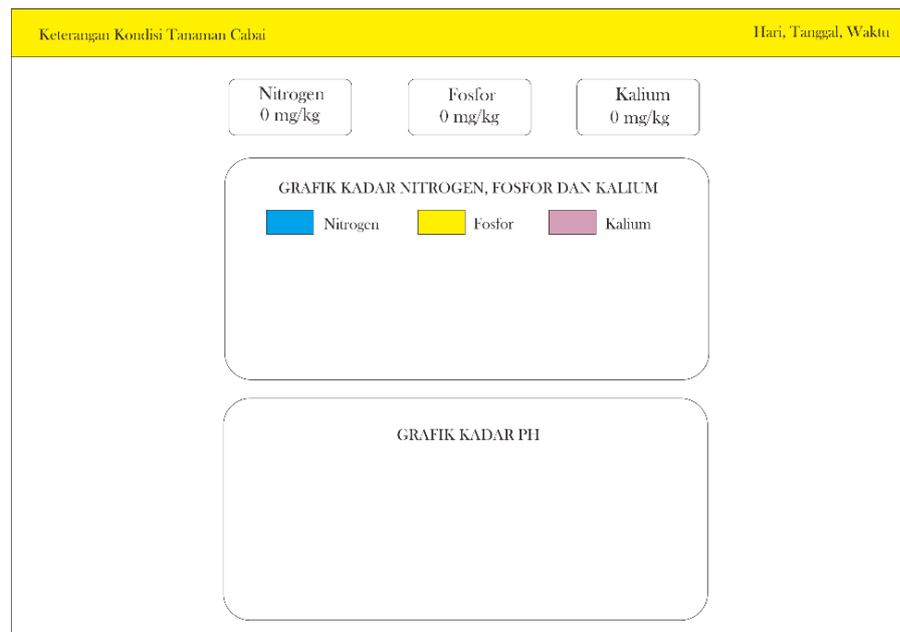
3.3.4 Desain Web Server

Desain *Web Server* adalah tempat dimana membuat *database* dari sistem monitoring pH dan kelembapan tanah ini. *Web Server* yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan *PhpMyAdmin*. Sebelum ke *web server* maka data besaran pH dan kelembapan harus masuk ke ESP8266. Secara otomatis maka ESP8266 yang telah terintegrasi oleh *WiFi* akan mengirimkan data ke domain melalui proses program yang telah ditanamkan sebelumnya. Data akan dikirimkan ke domain yang telah ditanamkan pada program ESP8266. Adapun diagram alir dalam *Web Server* dapat dilihat pada **Gambar 3.10**.



Gambar 3.10 Alur diagram *Web Server*

Pada **Gambar 3.10** dijelaskan sebuah alur dari sistem *Web Server* dengan *input* data yang masuk dari ESP8266 yang akan diolah yang berasal dari komponen-komponen sensor yang terhubung dengan mikrokontroler yang dihubungkan ke jaringan internet.



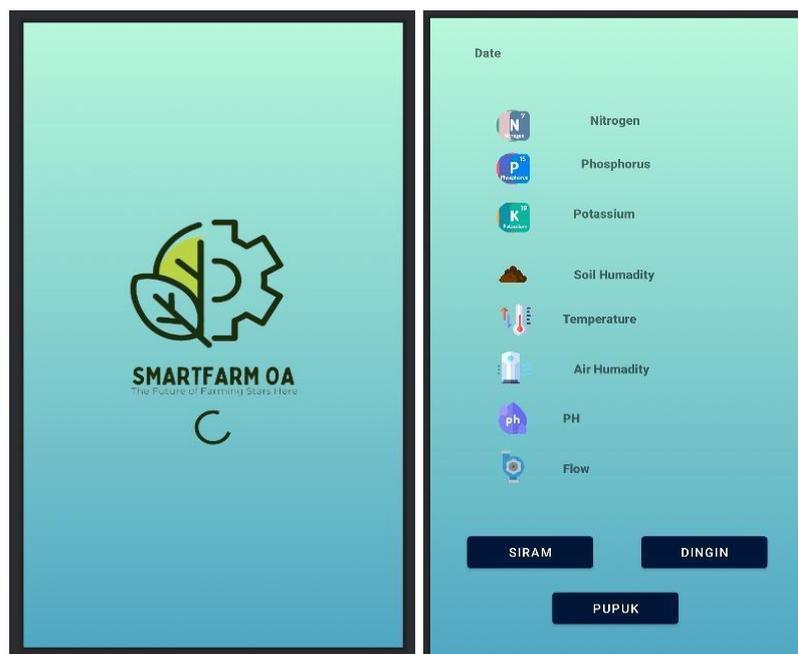
Gambar 3.11 Rancangan Desain Tampilan *Website*

Pada **Gambar 3.11** diatas merupakan sebuah rancangan tampilan pada halaman *website*. Pada desain tersebut terdapat tampilan berupa hari, tanggal dan waktu pada saat sensor melakukan pembacaan. Hasil pembacaan dari sensor pH ditampilkan dalam bentuk grafik yang bertujuan untuk dapat melihat perbedaan secara jelas hasil pembacaan sensor pH tanah dan sensor kelembapan tanah ditampilkan dengan

satuan persen (%) yang merupakan hasil keadaan kelembapan tanah yang dibaca menggunakan *capacitive soil moisture sensor*. Website ini dilakukan secara otomatis akan mengunggah data secara *realtime* yang terhubung dengan *database*.

3.3.5 Desain Mobile App

Prinsip kerja dari penyiraman menggunakan *Mobile Apps* gambar dibawah dimulai dengan sensor kelembapan tanah dan sensor pH tanah mendeteksi berapa besar kelembapan dan juga berapa nilai pH tanah. Data pendeteksian sensor akan dikirimkan oleh ESP8266 menuju *database*, yang akan disimpan oleh *database*. Aplikasi tersebut akan mengambil data yang telah tersambung dengan *database*. *Mobile Apps* ini juga menjadi pusat pengendalian untuk *solenoid valve*. Adapun desain *Mobile Apps* dapat dilihat pada **Gambar 3.12**.



Gambar 3.12 Desain Mobile Apps

3.4 Pengujian Alat

Setelah melakukan perancangan pada *hardware* (perangkat keras) dan *software* (perangkat lunak) selesai, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian pada

setiap rangkaian apakah sudah sesuai dengan yang diinginkan atau masih terdapat kesalahan. Pengujian dilakukan pada beberapa bagian seperti pengujian respon, pengujian pembacaan sensor, dan pengujian rangkaian keseluruhan dari sistem dirancang. Hal ini dilakukan untuk menghindari kemungkinan kesalahan (*error*) dan gangguan lainnya yang dapat terjadi pada sistem yang telah dibuat.

3.4.1 Rancangan Pengujian Modul Relay

Relay digunakan untuk menyalakan pompa air untuk mengalirkan air dan pupuk. Relay dinyalakan menggunakan sistem IoT yang terintegrasi dengan *phpMyAdmin* sebagai basis data. Pengujian relay ini bertujuan untuk menguji kinerja modul relay dalam mengontrol perangkat secara efektif, serta untuk memverifikasi kesesuaian antara sistem yang dikendalikan oleh mikrokontroler dan eksekusi perintah yang terjadi melalui sistem IoT yang terintegrasi dengan *phpMyAdmin*. Proses pengujian akan mencakup serangkaian skenario, seperti menghidupkan dan mematikan pompa air pada waktu yang ditentukan, memantau respons relay terhadap perintah yang diberikan, serta mengevaluasi konsistensi dan keandalan relay dalam jangka waktu yang ditentukan. Selain itu, pengujian juga akan mengevaluasi kinerja sistem secara keseluruhan, termasuk koneksi antara mikrokontroler dan *phpMyAdmin*, serta respons sistem terhadap instruksi yang diterima dari pengguna melalui antarmuka IoT.

3.4.2 Pengujian *Capacitive soil moisture sensor*

Pengujian sensor *Soil Moisture* bertujuan untuk mengetahui apakah sensor bekerja dengan baik dalam mengukur kelembapan tanah, serta untuk memastikan rangkaian sensor *Soil Moisture* bekerja dengan baik sesuai dengan program yang dibuat. Pada sistem ini melakukan pengujian alat, dengan mengukur kelembapan tanah dengan menggunakan *American Standard Method*(ASM) sebagai standar acuan (Yudhana & Putra, 2016). Persamaan yang digunakan pada metode ini yaitu :

$$MA = MTB - MTK \quad (3.1)$$

$$KD = \frac{MA}{MTK} \times 100\% \quad (3.2)$$

Dengan,

MTB = Massa tanah basah (g);

MTK = Massa tanah kering (g);

KD = Kadar air (%);

MA = Massa air (g);

Pengujian *capacitive soil moisture sensor* akan dilakukan dengan cara membandingkan *capacitive soil moisture sensor* dengan data yang diperoleh dari metode *American Standard method* (ASM). Lalu data disajikan pada **Tabel 3.5**.

Tabel 3. 5 Data pengujian *capacitive soil moisture sensor*

M.tn kering	Penambahan air	Massa Tanah Basah	ADC	Sensor Kelembapan(%)	Metode ASM
----------------	----------------	-------------------------	-----	-------------------------	------------

3.4.3 Pengujian Sensor pH Tanah

Pengujian sensor pH bertujuan untuk mengetahui apakah sensor bekerja dengan baik dalam mengukur pH tanah, serta untuk memastikan rangkaian pH tanah bekerja dengan baik sesuai dengan program yang dibuat. Pengujian sensor pH ini dengan menggunakan 10 sampel tanah yang berbeda (Vera *et al.*, 2021). Data uji pengukuran sensor pH dapat dilihat pada tabel **3.6**

Pengukuran sensor pH tanah sudah terbekali dengan program yang telah dibuat.

Berdasarkan *datasheet* yang telah ada, Persentase kesalahan (*error*) sensor ini, akurasi dari sensor pH menggunakan Persamaan 3.3 dan 3.4

$$y = -0,0693x + 7,3855 \quad (3.3)$$

Dimana,

x = nilai pH

y = Tegangan nilai ADC pada sensor pH tanah

Berdasarkan pada persamaan 3.1 maka dapat dilakukan perhitungan nilai pH seperti ditunjukkan pada persamaan 3.2

$$pH = \frac{Tegangan - 7,3855}{-0,0693} \quad (3.4)$$

Persamaan 3.1 dan 3.2 akan dimasukkan kedalam program yang akan ditanam pada mikrokontroler, untuk menghitung kadar pH tanah. Data uji pada sistem ini dapat disajikan menggunakan Tabel 3.6

Tabel 3.6 Data Uji sensor pH tanah

Sampel Tanah	Kalibrator	Sensor pH tanah			rata-rata
		data 1	data 2	data 3	
Sampel 1					
Sampel 2					
Sampel 3					
Sampel 4					
Sampel 5					
Sampel 6					
Sampel 7					
Sampel 8					
Sampel 9					
Sampel 10					

3.4.4 Pengujian Kalibrasi Sensor

Pengujian kalibrasi sensor bertujuan untuk mengetahui apakah sensor bekerja dengan baik dalam pengukuran, serta untuk memastikan rangkaian sensor bekerja dengan baik sesuai dengan program yang dibuat. Kalibrasi pada sistem ini akan

menghitung nilai akurasi dan juga error beserta standar deviasi untuk mengkalibrasi. Akurasi dan error dapat dihitung menggunakan **Persamaan (3.5)** sampai **(3.2)**

$$E = \left| \frac{Y - X_n}{Y} \right| \times 100\% \quad (3.5)$$

$$A = \left[1 - \left| \frac{Y - X_n}{Y} \right| \right] \times 100\% \quad (3.6)$$

Keterangan:

E = Nilai error sensor

A = Nilai akurasi sensor

Y = Nilai parameter referensi

X_n = Nilai parameter terukur ke-n

Standar deviasi dapat dihitung dengan menggunakan formula dibawah ini .

$$\overline{D_x} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots}{n} \quad (3.7)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\overline{D_x} - \overline{D_x})^2}{n}} \quad (3.8)$$

Dimana,

$\overline{D_x}$ = Rata – rata sensor;

σ = Standar deviasi sensor;

(Setyawan et al., 2018)

3.4.5 Rancangan Pengujian *Website*

Tujuan dari pengujian *Website* adalah untuk mengetahui apakah *website* yang dibuat sudah terhubung dengan baik melalui protokol *HTTPS*, dan terhubung dengan *database* dan diproses dengan baik oleh ESP8266. Data hasil pembacaan sensor akan dikirimkan oleh ESP8266 ke *MySQL* lalu akan dikoneksikan ke program agar nilai ditampilkan pada *website*. Data akan dikirimkan secara *realtime* oleh ESP8266.

3.4.6 Pengujian Rangkaian Keseluruhan

Pengujian ini meliputi dari halaman website yang dibuat, koneksi antara *software* (perangkat lunak) dan *hardware* (perangkat keras), modul relay, dan program yang mengontrol seluruh sistem. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa semua komponen berfungsi dengan baik.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian ini maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Desain *greenhouse* untuk tanaman cabai dapat direalisasikan dengan menggunakan sistem IoT di Jurusan Fisika FMIPA Unila.
2. Sistem pengukuran pH dan kelembapan tanah pada tanaman cabai menggunakan sensor pH tanah dan sensor kelembapan tanah (*capacitive soil moisture sensor*) yang terintegrasi dengan dua mikrokontroler yaitu arduino Mega 2560 dan ESP8266 dapat berjalan dengan baik.
3. Hasil Kalibrasi untuk sensor pH dengan akurasi sebesar 92.04%, error sebesar 7.96% dan standar deviasi sebesar 0.501 dan kelembapan tanah (*capacitive soil moisture sensor*) dengan akurasi sebesar 94.70%, error sebesar 5.30% dan standar deviasi sebesar 2.027.
4. Sistem mampu mengendalikan kadar pH dan kelembapan tanah pada tanaman cabai dengan menggunakan integrasi IoT dengan mengendalikan *solenoid valve* yang terhubung pada *website* dan *mobile apps*.

5.2 Saran

Saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya yaitu menggunakan sensor pH tanah yang lain karena sensor tanah yang digunakan pada penelitian ini masih kurang sensitif dan masih terdapat *noise* meskipun sudah melakukan pengukuran dengan baik, serta melakukan monitoring *greenhouse* menggunakan kamera agar *greenhouse* dapat dikontrol dari jarak jauh.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, A., Hendarto, K., Pangaribuan, D., & Hidayat, K. F. (2013). Pengaruh Penggunaan Mulsa Plastik Hitam Perak Dan Jerami Padi Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Cabai Merah (*Capsicum Annum L.*) Di Dataran Tinggi. *Jurnal Agrotek Tropika*, 1(2).
- Atmadja, A. N., & Karna, N. B. A. (2022). Realisasi Perangkat Iot Untuk Sistem Monitoring Media Tanam Berbasis Smart Greenbox Untuk Pertumbuhan Tanaman Cabai. *e-Proceeding of Engineering*, 9(2).
- Ayaz, M., Ammad-Uddin, M., Sharif, Z., Mansour, A., & Aggoune, E.-H. M. (2019). Internet-of-Things (IoT)-Based Smart Agriculture: Toward Making the Fields Talk. *IEEE Access*, 7..
- Chidambaram, M., & Saxena, N. (2018). *Relay Tuning of PID Controllers*. Springer Nature.
- Dewi, I. Z. T., Ulinuha, M. F., Mustofa, W. A., Kurniawan, A., & Frida Agung Rakhmadi. (2021). Sistem Tanaman Hidroponik Terintegrasi IoT MQTT Panel Berbasis Android. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 9(1).
- Dharmawan, H. A. (2017). *Mikrokontroler: Konsep dasar dan praktis*. UB Press.
- Dwi, S. S., Adi Wibowo, S., & Primaswara Prasetya, R. (2021). Penerapan Iot (Internet Of Thing) Smart Flower Container Pada Tanaman Hias *Aglaonema* Berbasis Arduino. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 5(2).
- Efendi, R., & Sagita, D. (2022). Teknologi pertanian masa depan dan peranannya dalam menunjang ketahanan pangan. *Sultra Journal of Mechanical Engineering (SJME)*, 1(1).
- Fakhrezi, A., Saputra, R. E., & Hasibuan, F. C. (2023). Rancang Bangun Sistem Monitoring Unsur Hara, Kelembapan, PH Tanah Dan Suhu Udara Berbasis Iot Menggunakanmikrokontroler ESP32. *e-Proceeding of Engineering*, 10(1).
- Gazali, A., Saputra, R. A., & Ananda, D. J. (2022). Pengaruh Komposisi Media Arang Sekam pada Pembibitan Cabai Hiyung Menggunakan Batang

Pisang. *Jurnal Agrotek Indonesia*, 7(1).

Harvyandha, A., Kusumawardani, M., & Rosyid, A. (2019). Telemetri Pengukuran Derajat Keasaman Secara Realtime Menggunakan Raspberry Pi. *Jurnal Jartel*, 9.

Hazim, F., & Widiyari, C. (2021). Sistem Monitoring dan Kontrol Tanaman Tin Berbasis IoT. *Applied Business and Engineering Conference*, 9.

Hrisko, J. (2020). Capacitive Soil Moisture Sensor Theory, Calibration, and Testing. *Technical Report*, 1–13.

Imran, A., & Rasul, M. (2020). Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan ESP-32. *Jurnal Media Elektrik*, 17(2).

Joseph, D. I., Xaverius Ariwibisono, F., & Talli, W. I. S. A. (2023). Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Tanah Untuk Tanaman Cabai Berbasis Iot (Internet Of Things). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(4).

Junaidi, A. (2015). Internet Of Things, Sejarah, Teknologi Dan Penerapannya. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, 1(3).

Kurniawan, A. (2018). Sejarah, Cara Kerja Dan Manfaat Internet Of Things. *Jurnal Matrix*, 8(2).

Lasena, Y., & husdi. (2020). Real Time Analisis Berbasis Internet Of Things Untuk Prediksi Iklim Lahan Pertanian. *Jurnal Media Budidaya Informatika*, 4(3).

Masson-Delmote, V., P, Z., Pirani, A., Connors, S. L., Pean, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M. I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J. B. R., Maycock, T. K., & Waterfield, T. (2021). *Climate-Smart Agriculture Soucebook*. IPCC.

Mukaromah, H., Ikhsanudin, A., Arianto, F., Ningsiah, & Lestari, S. (2023). Penerapan Smart Farming Untuk Budidaya Cabai Dalam Greenhouse. *Aisyah Journal Of Informatics and Electrical Engineering (A.J.I.E.E)*, 5(2).

Mukhayat, N., Ciptadi, P. W., & Hardyanto, R. H. (2021). Sistem Monitoring pH Tanah, Intensitas Cahaya Dan Kelembapan Pada Tanaman Cabai (Smart Garden) Berbasis IoT. *Seminar nasional dinamika informatika*.

Ngafifuddin, M., Sunarno, S., & Susilo, S. (2017). Penerapan Rancang Bangun Ph Meter Berbasis Arduino Pada Mesin Pencuci Film Radiografi Sinar-X. *Jurnal Sains Dasar*, 6(1).

Nizam, M. N., Haris Yuana, & Zunita Wulansari. (2022). Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 6(2).

- Rahmawati, R. (2023). Rancang Bangun Dielektrik Meter untuk Proses Pencucian Biodiesel. *Elektriase: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro*, 13(01).
- Ramadhan, R. F., & Mukhaiyar, R. (2020). Penggunaan Database Mysql dengan Interface PhpMyAdmin sebagai Pengontrolan Smarthome Berbasis Raspberry Pi. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 1(2).
- Risanty, R. D., & Arianto, L. (2017). Rancang Bangun Sistem Pengendalian Listrik Ruang Dengan Menggunakan Atmega 328 Dan Sms Gateway Sebagai Media Informasi. *Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informatika Dan Komputer*, 7(2).
- Ristian, U., Ruslianto, I., & Sari, K. (2022). Sistem Monitoring Smart Greenhouse pada Lahan Terbatas Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, 8(1).
- Sakhbana, N. F., Komarudin, A., & Luqman, M. (2023). Klasifikasi Penentuan Kecocokan Jenis Tanaman Pada Lahan Berbasis Iot Menggunakan Neural Network. *Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek*, 01(8).
- Santoso, G., Hani, S., Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta, Yogyakarta, Putra, U. D., & Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta, Yogyakarta. (2022). Monitoring kualitas tanah lahan pertanian Desa Sidorejo menggunakan sensor pH tanah dan Internet of Things. *Jurnal Nusantara Mengabdi*, 2(1).
- Setiawan, P., & Anggraeni, E. Y. (2018). Purwarupa Sistem Pengairan Sawah Otomatis Dengan Arduino Berbasis Artificial Intelegent. *Jurnal Sistem Informasi Dan Telematika*, 9.
- Setiawan, R., Ulfa, H., Miftahuljannah, Ajza, D. S., & Setiawan, B. (2021). Penggunaan Green House untuk Budidaya Hortikultura di Halaman Sekolah SD Negeri 063 Lagi Agi. *Jurnal Lepa-Lepa Open*, 1(3).
- Siregar, P. F., Ichsan, M. H. H., & Akbar, S. R. (2023). *Implementasi Metode Fuzzy Mamdani dalam Sistem Pendeteksi Kualitas Tanah pada Tanaman Kedelai*. 7.
- Sudarma, I. M., & As-syakur, Abd. R. (2018). Dampak Perubahan Iklim Terhadap Sektor Pertanian Di Provinsi Bali. *SOCA: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, 87.
- Suryaningrat, A., Kurnianto, D., & Rochmanto, R. A. (2022). Sistem Monitoring Kelembapan Tanaman Cabai Rawit menggunakan Irigasi Tetes Gravitasi berbasis Internet Of Things (IoT). *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 10(3).

- Susilawati, T., Yuliansyah, F., Romzi, M., & Aryani, R. (2020). Membangun Website Toko Online Pempek Nthree Menggunakan Php Dan Mysql. *Jurnal Teknik Informatika Mahakarya*, 3(1).
- Syafiqoh, U., Sunardi, S., & Yudhana, A. (2018). Pengembangan Wireless Sensor Network Berbasis Internet of Things untuk Sistem Pemantauan Kualitas Air dan Tanah Pertanian. *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*, 3(2).
- Trimarsiah, Y., & Arafat, M. (2017). Analisis Dan Perancangan Website Sebagai Sarana Informasi Pada Lembaga Bahasa Kewirausahaan Dan Komputer Akmi Baturaja. *Jurnal Matrik*, 17(1).
- Triyanto, D., & Ristian, U. (2021). Rancang Bangun Smart Green House Berbasis Internet Of Things. *Jurnal Komputer dan Aplikasi*, 09(03).
- Turang, D. A. O. (2015). Pengembangan Sistem Relay Pengendalian Dan Penghematan Pemakaian Lampu Berbasis Mobile. *Seminar Nasional Informatika*.
- Vera, V. F. S., Ekawita, R., & Yuliza, E. (2021). Desain Bangun pH Tanah Digital Berbasis Arduino Uno. *Journal Online of Physics*, 7(1).
- Wardah, R. Z. (2019). Deteksi Kadar Keasaman Media Tanah Untuk Penanaman Kembali Secara Telemonitoring. *Jurnal JARTE*, 9(4).
- Wardhana, A. S., Dewi, A. K., Fadhil, H., Septiani, N. A., & Ravy, J. U. (2023). Mesin Penyiraman Otomatis pada Tanaman Cabai dengan Modul Nodemcu ESP8266 Berbasis Internet of Things (IoT). *Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika*.
- Waskito, H., Nuraini, A., & Rostini, N. (2018). Respon pertumbuhan dan hasil cabai keriting (*Capsicum annum* L.) CK5 akibat perlakuan pupuk npk dan pupuk hayati. *Kultivasi*, 17(2).
- Wilamowski, B., & Irwin, david. (2018). *Control and Mechatronics*. Taylor and Francis Group.
- Wulandari, P., Adileksana, C., & Pratama, A. B. (2023). *Modul Pembelajaran Praktik Pertanian Terbaik Budi Daya Cabai*. Edu Farmers Foundation.
- Yahwe, C. P., Isnawati, & Aksara, L. M. F. (2016). Rancang Bangun Prototype System Monitoring Kelembapan Tanah melalui SMS berdasarkan Hasil Penyiraman Tanaman “Studi Kasus Tanaman Cabai dan Tomat.” *semantik*, 2(1).
- Yatsugi, K., Nomura, K., & Hattori, Y. (2018). Analytical Technique for Designing an RC Snubber Circuit for Ringing Suppression in a Phase-Leg Configuration. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 33(6).

- Yudhana, A., & Putra, M. C. F. (2016). *Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Informasi Sinyal Sensor Kelembapan*. 2(1).
- Yuliansyah, H. (2016). *Uji Kinerja Pengiriman Data Secara Wireless Menggunakan Modul ESP8266 Berbasis Rest Architecture*. 10(2).
- Yusuf, D. M., & Amin, M. M. (2018). Alat Pendeteksi Kadar Keasaman Sari Buah, Soft Drink, dan Susu Cair Menggunakan Sensor PH Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO ATMEGA328. *Jurnal Teknika*, 12(01).
- Zahroh, F., Kusrinah, K., & Setyawati, S. M. (2018). Perbandingan Variasi Konsentrasi Pupuk Organik Cair dari Limbah Ikan Terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum L.*). *Al-Hayat: Journal of Biology and Applied Biology*, 1(1).