

**SISTEM MONITORING DAN DEBIT AIR IRIGASI TETES
BERBASIS *INTERNET OF THINGS* UNTUK APLIKASI
TANAMAN CABAI DALAM *GREENHOUSE***

Skripsi

Oleh

Kharisma Rozikin

Npm. 2017041075



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

ABSTRAK

SISTEM MONITORING DAN DEBIT AIR IRIGASI TETES BERBASIS *INTERNET OF THINGS* UNTUK APLIKASI TANAMAN CABAI DALAM *GREENHOUSE*

Oleh

Kharisma Rozikin

Penelitian ini telah merealisasikan sistem monitoring penyiraman dan pengendalian *greenhouse* yang telah terintegrasi dengan sistem *Internet of Things* (IoT) berdasarkan kelembapan tanah dan penyiraman untuk tanaman cabai merah (*Capsium annuum L*). Penelitian ini bertujuan untuk merancang desain *greenhouse* untuk tanaman cabai, dan membuat sistem monitoring serta penyiraman berdasarkan kelembapan 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 sensor 94,60%, error sebesar 5,40% dengan sensor *flow meter* untuk menghitung debit air yang mengalir yang memiliki akurasi 97,40%, error sebesar 2,60%. Berdasarkan penelitian, sistem monitoring dan perhitungan debit air pada *greenhouse* 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*. Pengendalian kelembapan tanah $\geq 50\%$ maka pompa akan dihidupkan dan *flow meter* akan membaca aliran air yang mengalir di *drip irrigation* jika kelembapan sudah mencapai $\leq 80\%$ maka pompa akan dimatikan.

Kata kunci: *Greenhouse, IoT, capacitive soil moisture sensor, flow sensor*

ABSTRACT

DRIP IRRIGATION WATER MONITORING AND DISCHARGE SYSTEM BASED ON INTERNET OF THINGS FOR APPLICATION OF CHILI PLANTS IN GREENHOUSE

By

Kharisma Rozikin

*This research has implemented a greenhouse irrigation monitoring and control system integrated with the Internet of Things (IoT) based on soil moisture and irrigation for red chili plants (*Capsium annuum L.*). The objectives of this study were to design a greenhouse for chili plants and to create a monitoring and irrigation system based on soil moisture. In this research system, an Arduino Mega 2560 and ESP8266 microcontroller were used, with input from a capacitive soil moisture sensor to measure soil moisture levels with an accuracy of 94,60% and an error of 5,40%, and a flow meter to measure the flow rate of water with an accuracy of 97,40% and an error of 2,60%. Based on the research, the greenhouse water flow monitoring and calculation system worked well, as demonstrated by the website iot.darmajaya.ac.id/greenhousefisika and mobile apps, which can receive real-time sensor data monitoring results using an internet connection. The system controls the soil moisture level; if it is $\geq 50\%$, the pump is turned on and the flow meter reads the water flow in the drip irrigation. When the moisture level reaches $\leq 80\%$, the pump is turned off.*

Keyword : *Greenhouse, IoT, capacitive soil moisture sensor, flow sensor*

**SISTEM MONITORING DEBIT AIR *IRIGRASI TETES*
BERBASIS INTERNET OF THINGS UNTUK APLIKASI
TANAMAN CABAI DALAM GREENHOUSE**

Oleh

KHARISMA ROZIKIN

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS

Pada

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



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

Judul Skripsi : Sistem Monitoring Dan Perhitungan Debit Air Smart
Irrigation Pada GreenHouse Untuk Tanaman Cabai
Berbasis Internet of Things (IoT)

Nama Mahasiswa : Kharisma Roëikin

Nomor Pokok Mahasiswa : 2017041075

Program Studi : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Sri Wahyu Suciwati S.Si.M.Si.
NIP. 197108291997032001

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

Ketua Jurusan Fisika FMIPA

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Gurum", is written over a white background.

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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

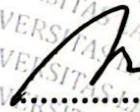
Ketua

: Dr. Sri Wahyu Suciyati, S.Si., M.Si.



Sekrestaris

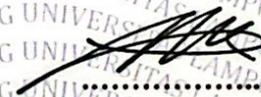
: Dodi Yudo Setyawan, S.Si., M.Ti.



Penguji

Bukan Pembimbing

: Dr. Junaidi, 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: 02 Agustus 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, 26 Agustus 2024



Kharisma Rozikin

NPM.2017041075

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Kharisma Rozikin dilahirkan pada 10 April 2002 di Labuhan Ratu Lampung Timur. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Haerul Rozikin dan Ibu Musiah. Penulis menyelesaikan pendidikan tingkat dasar di SDN Labuhan Ratu kecamatan Pasir Sakti, Kabupaten Lampung Timur pada tahun 2014, kemudian melanjutkan pendidikan tingkat menengah di SMP Negeri 1 Pasir Sakti dan lulus pada tahun 2017. Kemudian pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan tingkat menengah atas di MA Negeri 1 Metro dan tamat pada tahun 2020. Pada tahun 2020, penulis melanjutkan pendidikan ke tingkat perguruan tinggi di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Lampung melalui Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menempuh jenjang pendidikan S1 di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, penulis memilih konsentrasi pada bidang Fisika Instrumentasi, kemudian melakukan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di BRIN Serpong, Tangerang Selatan. Selanjutnya penulis mengikuti program pengabdian masyarakat dengan mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Teluk Dalem Ilir, Kecamatan Rumbia, Kabupaten Lampung Tengah pada tahun 2023.

MOTTO

“Tidak ada kesuksesan tanpa kerja keras. Tidak ada keberhasilan tanpa kebersamaan. Dan tidak ada kemudahan tanpa doa”

“Tidak peduli seaneh apapun keadaanku yang paling penting pulang dengan gelar sarjana dan semua itu untuk bapak dan ibu”

“Orang lain tidak akan bisa paham struggle dan masa sulitnya kita, yang mereka ingin tau hanya bagian succes stories. Berjuanglah untuk diri sendiri walaupun tidak ada yang tepuk tangan. Kelak diri kita di masa depan akan sangat bangga dengan apa yang kita perjuangkan hari ini. Tetap berjuang ya!”

PERSEMBAHAN

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

Bapak Haerul Rozikin dan Ibu Musyah

Kedua orang tuaku yang telah melahirkan, membersarkan, dan mendidik, dan memberikan fasilitas serta menjadi penyemangatku dalam menjalani hidup selama ini.

Bapak/Ibu Dosen FISIKA FMIPA UNILA

Terimakasih telah memberikan bekal ilmu pengetahuan, nasihat, dan saran yang membangun kepadaku.

Syarif Hidayat dan Annisa kholifatur Rozikin

Kakak dan adik tersayang yang telah memberikan dukungan dan motivasi sehingga membuat saya mampu menyelesaikan pendidikan S1

Rekan-Rekan seperjuangan Fisika Angkatan 2020

Almamater Tercinta

UNIVERSITAS LAMPUNG

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah Subhanahu wa Ta'ala, yang telah memberikan nikmat kesehatan, kelancaran dan berkat karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian yang berjudul **“Sistem Monitoring Debit Air Irigrasi Tetes Berbasis *Internet Of Things* Untuk Aplikasi Tanaman Cabai Dalam *Greenhouse*”** yang merupakan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada bidang Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyajian skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang membangun guna dalam penulisan berikutnya yang lebih baik. Semoga skripsi ini bermanfaat dan dapat menjadi rujukan untuk penelitian selanjutnya.

Bandar Lampung, 25 Agustus 2024

Penulis,

Kharisma Rozikin

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberi kesehatan, nikmat, karunia serta rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Sistem Monitoring Debit Air Irigasi Tetes Berbasis Internet Of Things (Iot) untuk Aplikasi Tanaman Cabai dalam Greenhouse**” Terwujudnya skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tuaku, Bapak Haerul Rozikin dan Ibu Musyah yang selalu mendoakan, memberikan semangat, semua pengorbanan dan dukungan baik berupa materi maupun moral kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Sri Wahyu Suciati, S.Si., M.Si. sebagai Pembimbing utama yang telah banyak memberi bimbingan, motivasi, nasihat serta ilmunya dalam penyelesaian skripsi.
3. Bapak Yudo Dodi Setiawan, S.Si., M.Ti. sebagai Pembimbing Kedua yang telah memberikan saran, masukan dan arahan dalam penulisan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Junaidi, S.Si, M.Si., sebagai dosen penguji yang telah memberi masukan dan koreksi dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Drs. Amir Supriyanto, S.Si., M.Si. selaku Pembimbing Akademik yang memberikan masukan-masukan serta nasehat selama masa studi di Jurusan Fisika.
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. Kedua Saudara, Syarif Hidayat dan Anisah Rozikin yang telah menghibur, memberikan semangat dan mendoakan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Teman-teman seperjuangan saya yang selalu ada disaat senang dan susah selama dibangku perkuliahan serta telah menjadi kawan diskusi yang baik.
11. Sahabat-sahabat saya Syifa Alfina, Ida Rismawati, Aldi, Ayu, yang telah menemani, memberikan semangat, selalu ada disaat senang maupun sedih, dan menjadi tempat bercerita keluh kesah kehidupan.
12. Teman-teman satu tim project *Greenhouse* Agrifa dan Oktavia yang telah kebersamai dan berjuang bersama-sama.
13. Seluruh mahasiswa/i Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung angkatan 2020, dan teman-teman yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.
14. Teruntuk diri saya sendiri, terimakasih telah berjuang keras dan berusaha sejauh ini. Sudah mampu bertahan dan mengendalikan diri dari berbagai tekanan diluar keadaan dan tidak pernah memutuskan untuk menyerah sesulit apapun proses dalam penyusunan skripsi ini dengan menyelesaikan sebaik dan semaksimal mungkin.

Semoga Allah SWT memberikan imbalan yang berlipat atas bantuan semua pihak dan semoga selalu dimudahkan langkah kita yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Bandar Lampung, 25 Agustus 2024
Penulis,

Kharisma Rozikin

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
HALAMAN JUDUL	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
KATA PENGANTAR.....	xv
SANWACANA	xvi
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xix
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Rumusan Masalah.....	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Manfaat Penelitian	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terkait.....	9
2.2 Green House	10
2.2.1 Smart Garden	12
2.2.2 Penyiraman Otomatis.....	13
2.2.3 <i>Internet Of Things (IoT)</i>	14
2.2.4 Sistem Irigasi Tetes.....	16
2.3 Tanaman Cabai	17
2.4 Kelembapan Tanah	19

2.5 Mikrontroler.....	20
2.6 <i>Sensor Soil Moisture</i>	24
2.7 Water Flow Meter.....	27
2.8 <i>Hall Effect</i>	30
2.9 Arduino IDE	34
2.10 <i>RC-Snubber</i>	35
2.11 ESP8266	36
2.12 Relay	38
2.13 <i>Website</i>	40

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	42
3.2 Alat Dan Bahan.....	42
3.3 Metode Penelitian	44
3.4 Diagram Alir Penelitian	46
3.5 Diagram Blok Perancangan Alat	47
3.6 Perancangan Sistem	49
3.6.1 Perancangan <i>Hardware</i>	50
3.6.2 Perancangan <i>Software</i>	54
3.6.3 Desain Rancangan Irigasi.....	58
3.6.4 Pengujian Akurasi Sensor	61
3.6.5 Pengujian Relay	63
3.6.6 Rancangan Pengujian <i>Web Server</i>	65
3.6.7 Pengujian rangkaian Keseluruhan.....	65

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Perancangan Sistem	61
4.2 Pengujian Sensor <i>Flow Meter</i>	62
4.3 Pengujian Sensor <i>Capacitive Soil Moisture</i>	63
4.4 Sistem Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	66
4.4.1 Pengujian <i>Website</i>	70
4.4.2 Pengujian <i>Mobile Apps</i>	75

4.5 Sistem Kendali <i>Greenhouse</i>	90
4.5.1 Analisis Sistem Monitoring <i>Greenhouse</i>	92
4.5.2 Hasil Monitoring Menggunakan <i>PhpMyAdmin</i>	94
4.5.3 Hasil Monitoring Menggunakan <i>Website</i>	96
4.5.4 Hasil Monitoring Menggunakan <i>Mobile Apps</i>	98
4.5.5 Hasil Pengendalian Sistem Menggunakan <i>Mobile Apps</i>	99

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan	87
5.2 Saran	83

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Desain <i>Greenhouse</i> (Pramudita dkk., 2022).....	11
Gambar 2.2 <i>Greenhouse</i> di Fisika FMIPA Unila	12
Gambar 2.3 Desain <i>Smart Garden</i> (Hardyanto dkk., 2021).....	13
Gambar 2.4 Penyiraman Otomatis Berbasis <i>IoT</i> (Safiyullah, 2022)	13
Gambar 2.5 Konsep <i>Internet Of Things</i> (Putra dan Faiza,2022)	14
Gambar 2.6 Jaringan Sistem Irigasi Tetes dalam <i>Greenhouse</i>	15
Gambar 2.7 Sistem Irigasi Tetes dalam <i>Greenhouse</i> (Irsyad dkk.,2017).....	17
Gambar 2.8 Tanaman Cabai Merah (Alif,2017).....	19
Gambar 2.9 Mikrokontroler Arduino mega 2560(Arifin dkk.,2016)	25
Gambar 2.10 <i>Capacitive Soil Moisture Sensor</i> (Aditama dan mulyati, 2022)	28
Gambar 2.11 <i>Sensor Soil Moisture</i> (Aditama dan Mulyati, 2022)	25
Gambar 2.12 Skema perangkat keras <i>Sensor Soil Moisture</i>	26
Gambar 2.13 <i>Sensor Flow YF-S041</i> (Supriyono dan Naibaho, 2020).....	27
Gambar 2.14 Data Sheet <i>Sensor Flow Meter</i>	28
Gambar 2.15 Bagian-bagian <i>Sensor Flow Meter</i>	28
Gambar 2.16 Ilustrasi <i>Hall Effect</i>	39
Gambar 2.17 <i>Hall Effect Flow Sensor</i> (Gumilar, 2017).....	29
Gambar 2.18 <i>Solenoid valve</i> (Supegina dkk., 2017)	30
Gambar 2.19 Tampilan Arduino Ide (Hermansyah dkk.,2016).....	31
Gambar 2.20 Rangkaian <i>RC Snubber</i> arah arus	32
Gambar 2.21 Rangkaian <i>RC Snubber</i> (Rifa'i,2017).....	33
Gambar 2.22 Kaki pin <i>NodeMCU ESP8266</i> (Nadiansyah, 2018).....	34

Gambar 2.23 Relay	35
Gambar 2.24 Struktur Sederhana Relay (Saleh dan Haryanti, 2017).....	35
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	46
Gambar 3.2 Diagram Blok Perancangan Alat	48
Gambar 3.3 Diagram Blok Pengendalian Sensor <i>Soil Moisture</i>	49
Gambar 3.4 Diagram Blok Pengendalian Sensor <i>Flow Meter</i>	50
Gambar 3.5 <i>Arduino, ESP8266 & Sensor Flow</i>	51
Gambar 3.6 <i>Soil Moisture</i>	52
Gambar 3.8 Skematik Rangkaian Keseluruhan.....	54
Gambar 3.9 Desain Tampilan <i>Web</i>	55
Gambar 3.10 Desain aplikasi.....	56
Gambar 3.11 Saluran Air Penyiraman Tetes	58
Gambar 3.12 Desain Irigasi Penyiraman Otomatis	59
Gambar 4.1 Rangkaian Alat	60
Gambar 4.2 Penempatan alat monitoring di dalam <i>greenhouse</i> Fisika Unila	63
Gambar 4.3 Penempatan sistem irigasi tetes	64
Gambar 4.4 Proses Kalibrasi Sensor <i>Flow Meter</i>	68
Gambar 4.5 Proses Kalibrasi Sensor <i>Soil Moisture</i>	70
Gambar 4.6 Hasil Kalibrasi Sensor <i>Soil Moisture</i>	72
Gambar 4.7 Grafik pengujian sensor <i>soil moisture</i> dengan metode ASM.....	74
Gambar 4.8 Grafik pengujian sensor <i>soil moisture</i> dengan metode ASM.....	75
Gambar 4.9 Tampilan Aplikasi yang terhubung ke ESP8266.....	78
Gambar 4.10 Tampilan Awal <i>Website</i>	80
Gambar 4.11 Pengendalian Kelembapan Tanah menggunakan drip irigrasi	85

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Data Teknik board Arduino mega 2560	22
Tabel 2.2 Tabel Tipe Kelembapan Tanah	23
Tabel 2.3 Spesifikasi Sensor <i>Soil Moisture</i>	25
Tabel 2.4 Bagian-Bagian Sensor <i>Water Flow</i>	26
Tabel 2.5 Spesifikasi <i>solenoid valve ZE-4F180</i>	28
Tabel 2.6 Kaki pin <i>NodeMCU ESP826</i>	30
Tabel 3.1 Alat-alat Penelitian	42
Tabel 3.2 Bahan-bahan penelitian:	42
Tabel 3.3 Perangkat Lunak pada penelitian.	43
Tabel 3.4 Pin-pin Arduino Mega dan <i>NodeMCU ESP8266</i>	43
Tabel 3.5 Pengujian Kalibrasi Sensor <i>Soil Moisture Capacitive</i>	46
Tabel 3.6 Pengujian Kalibrasi Sensor <i>Flow Meter</i>	48
Tabel 4.1 Hasil Kalibrasi Sensor <i>Flow Meter</i>	52
Tabel 4.2 Hasil Kalibrasi Sensor <i>Soil Moisture</i>	54
Tabel 4.3 Metode ASM dengan <i>Sensor Soil Moisture</i>	56
Tabel 4.4 Hasil Monitoring Penyiraman	65

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan iklim menyebabkan musim kemarau sering melanda sebagian wilayah Indonesia, yang berdampak pada terganggunya kebutuhan air untuk tanaman dan menurunnya produktivitas tanaman. Ketersediaan air selama musim kemarau menjadi masalah utama yang dihadapi masyarakat, terutama petani, yang sering mengalami gagal panen pada periode ini. Oleh karena itu, pengelolaan air dan sistem irigasi menjadi faktor kunci dalam budidaya pertanian. Lahan kering adalah area yang tidak pernah atau jarang tergenang air sepanjang tahun. Meskipun begitu, lahan kering memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan secara optimal karena luasannya lebih besar dibandingkan lahan basah. Dalam penerapannya, sistem harus mampu mengatur jumlah dan frekuensi air sesuai dengan kebutuhan spesifik setiap jenis tanaman. Ini penting untuk mencegah kekurangan air yang dapat menyebabkan stres pada tanaman, serta kelebihan air yang dapat menyebabkan genangan dan mengurangi kadar oksigen dalam tanah. Oleh karena itu, sistem penyiraman yang efektif harus dapat mendistribusikan air secara merata dan efisien, serta meminimalkan limbah air (Ardiliansyah dkk., 2021).

Cabai (*Capsicum Annum L*) adalah tanaman tahunan yang sering ditanam di seluruh wilayah Indonesia karena memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Tanaman cabai dapat tumbuh di berbagai jenis lahan di Indonesia, termasuk sawah, lahan basah, pesisir pantai, greenhouse, dan daerah pegunungan. Salah satu cara budidaya cabai melibatkan penggunaan *greenhouse* sebagai area tertutup yang dapat disesuaikan oleh petani untuk menciptakan iklim yang sesuai dengan kebutuhan tanaman. Saat ini, petani masih menggunakan metode manual dalam melakukan kegiatan seperti penyiraman dan pengaturan sirkulasi udara untuk mencapai keseimbangan suhu dan kelembapan yang dibutuhkan oleh tanaman cabai. Buahnya dapat digolongkan sebagai

sayuran maupun bumbu, tergantung bagaimana pemanfaatannya. Sebagai bumbu, buah cabai yang pedas sangat populer di Asia Tenggara sebagai penguat rasa untuk makanan. Khususnya di Indonesia cabai ini sangat digemari oleh khalayak ramai, dan cabai juga sangat cocok untuk di tanam di Indonesia, oleh sebab itu dalam proses penanaman cabai dibutuhkan pengaturan air yang tepat agar tanaman yang dihasilkan memiliki kualitas yang bagus (Syahri dkk., 2023).

Air merupakan kebutuhan pokok dalam budidaya tanaman. Penyiraman tanaman masih dilakukan secara langsung dan tidak berdasarkan pengukuran yang sesuai kebutuhan. Saat ini diperlukan alat penyiram tanaman otomatis sesuai kebutuhan air pada kelembapan tanah disekitar tanaman untuk memudahkan petani dalam membudidayakan tanaman (Agustina dan Alif, 2023). Salah satu aspek yang penting dalam pertumbuhan tanaman cabai adalah penyiraman sehingga perlu dilakukan kontrol yang benar sesuai dengan kebutuhan tanaman. Faktor yang memegang penting dalam penyiraman tanaman di antaranya adalah kondisi kelembaban tanah dan suhu. Saat ini proses penyiraman tanaman masih dilakukan dengan cara manual.

Beberapa metode penyiraman manual yang sering digunakan oleh warga adalah menyiram dengan cara menggunakan ember yang diisi air dan disiram satu persatu pada pot. Selain metode diatas ada metode lain yaitu penyiraman menggunakan selang air yang salah satu ujungnya dipasangkan ke pemutar air sehingga dapat menjangkau banyak tanaman dalam jarak yang jauh (Hamrul dan Heliawaty, 2023). Penelitian terdahulu juga mengidentifikasi beberapa masalah tambahan dalam budidaya tanaman cabai yang perlu diperhatikan. Salah satunya adalah perubahan iklim yang dapat menyebabkan ketidakstabilan produksi dan penurunan kualitas hasil tanaman. Selain itu, adopsi teknologi yang masih rendah di kalangan petani dapat menjadi hambatan dalam menerapkan praktik pertanian yang lebih efisien dan berkelanjutan. Masalah lainnya adalah kurangnya akses terhadap informasi dan sumber daya yang diperlukan, seperti benih unggul dan teknologi irigasi modern, yang dapat membatasi potensi pengembangan pertanian cabai. Dengan memperhatikan masalah-masalah ini, diperlukan pendekatan yang holistik dan berkelanjutan dalam mengembangkan solusi untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan budidaya tanaman cabai. Oleh

karena itu, diperlukan solusi yang dapat membantu petani mengatasi masalah ini (Syahri dkk., 2023).

Dalam era globalisasi dan kemajuan teknologi, *Internet of Things* (IoT) telah memberikan dampak signifikan pada berbagai aspek kehidupan, termasuk lingkungan. Dalam bidang pertanian, pemanfaatan IoT memungkinkan monitoring dan kontrol aktuatur untuk pengelolaan tanaman yang lebih efisien dan tepat. Sistem perhitungan debit air *Smart Irrigation* pada *greenhouse* untuk tanaman cabai berbasis *Internet of Things* (IoT) merupakan bagian dari konsep pertanian yang menggunakan teknologi sensor dan IoT untuk mengontrol dan mengelola irigasi secara otomatis. Dengan memanfaatkan sensor kelembapan tanah, sistem ini dapat mengukur kondisi lingkungan di sekitar tanaman cabai dan mengirimkan informasi ke sistem pengontrol irigasi. Penggunaan IoT dalam pertanian membantu petani untuk lebih mudah dalam pengelolaan sumber daya seperti air, serta dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman (Syafi'i dkk., 2023).

Salah satu masalah utama dalam budidaya tanaman cabai yang memanfaatkan lahan *greenhouse* dalam pengelolaan air yang tidak efisien serta minimnya informasi mengenai kondisi kelembapan tanah pada tanaman. Tanaman cabai membutuhkan jumlah air dan kelembapan tanah yang tepat untuk tumbuh dengan baik, namun penggunaan air yang berlebihan dapat menyebabkan kerugian finansial dan dampak negatif pada lingkungan. Selain itu, kondisi lingkungan yang berubah-ubah seperti suhu udara yang tinggi dan kelembapan udara yang rendah dapat menyebabkan tanaman cabai mengalami stres dan memerlukan pemantauan yang lebih intensif. Solusi yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah pengelolaan air pada budidaya tanaman cabai adalah dengan menggunakan sistem *Smart Irrigation* berbasis IoT. Sistem ini akan menggunakan sensor kelembapan tanah, dan Sensor *Flow meter* untuk mengukur kelembapan tanah dan banyaknya air yang sudah terpakai. Data yang terkumpul akan dikirimkan ke dalam sistem yang akan menghitung kebutuhan air tanaman cabai berdasarkan kondisi lingkungan yang terukur. Dengan demikian, petani dapat mengoptimalkan penggunaan air dan meningkatkan produktivitas tanaman cabai secara berkelanjutan (Ekaputra dkk., 2016).

Implementasi sistem perhitungan debit air *Smart Irrigation* berbasis IoT pada budidaya tanaman cabai di *greenhouse* memiliki beberapa manfaat, antara lain efisiensi penggunaan air dengan kemampuannya mengukur kebutuhan air tanaman cabai secara akurat berdasarkan kondisi lingkungan yang terukur, sehingga dapat mengurangi pemborosan air. Selain itu, sistem ini juga dapat meningkatkan produktivitas tanaman cabai dengan memberikan jumlah air yang tepat sesuai kebutuhan, yang pada akhirnya akan meningkatkan pertumbuhan dan hasil panen. Petani juga dapat memantau kondisi lingkungan di sekitar tanaman cabai secara jarak jauh melalui aplikasi mobile atau *website*, memungkinkan mereka untuk mengambil tindakan yang tepat jika diperlukan. Selain manfaat tersebut, penggunaan sistem *smart irrigation* juga dapat membantu mengurangi dampak negatif pada lingkungan seperti pencemaran air dan tanah karena penggunaan air yang lebih efisien. Sistem perhitungan debit air *smart irrigation* berbasis IoT merupakan solusi untuk mengatasi masalah pengelolaan air pada budidaya tanaman cabai. Dengan memanfaatkan teknologi sensor dan IoT, petani dapat mengoptimalkan penggunaan air dan meningkatkan produktivitas tanaman cabai secara berkelanjutan. Diperlukan kerjasama antara pemerintah, industri, dan masyarakat untuk mendukung implementasi teknologi ini dalam meningkatkan kesejahteraan petani dan keberlanjutan lingkungan (Rachmawati, 2020).

Dengan menerapkan sistem pertanian cerdas ini, kita dapat menghasilkan tanaman cabai secara lebih efisien. Dalam konteks pertanian cerdas, perawatan tanaman dapat dilakukan secara otomatis, mengurangi keterlibatan manusia secara langsung. Selain itu, pemantauan tanaman dapat dengan mudah dilakukan melalui kemampuan pemantauan menggunakan perangkat *smartphone android*. Menggunakan sistem mikrokontroler ESP8266, yang dipilih karena telah terintegrasi dengan modul Wi-Fi yang memadai dan terbukti efektif. Aplikasi *android* kami kembangkan menggunakan platform *website* dan aplikasi sebagai antarmuka pengguna yang memungkinkan kontrol perangkat, seperti pompa air untuk penyiraman jarak jauh serta kadar kelembapan dalam *greenhouse*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana cara merancang dan membangun sistem monitoring penyiraman menggunakan sensor *soil moisture capacitive* dan *flow meter* untuk tanaman cabai pada *greenhouse*?
2. Bagaimana merancang sistem pengairan irigasi berbasis IoT yang mendukung kegiatan penyiraman di dalam sebuah *greenhouse* dengan sensor kelembapan tanah dan terintegrasi dengan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan ESP8266?
3. Bagaimana mengkalibrasi sensor *flow meter* dan sensor kelembapan tanah (*soil moisture capacitive*)?
4. Bagaimana membuat sistem pengendalian yang dapat mengontrol penyiraman tanaman cabai meminimalkan intervensi manusia, dengan memperhatikan pengukuran dan regulasi kelembapan tanah agar tanaman dapat tumbuh dengan baik

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mampu merancang desain green house dan monitoring penyiraman irigrasi tetes untuk tanaman cabai.
2. Mampu merancang sistem penyiraman tanaman menggunakan sensor *Soil Moisture* dan sensor *flowmeter* yang terintegrasi dengan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan ESP8266 berbasis (IoT) pada *greenhouse*.
3. Mampu meng kalibrasi nilai sensor kelembapan (*Soil Moisture Capacitive*) dan sensor *flowmeter*.
4. Mampu mengendalikan sistem penyiraman dan nilai debit air yang mengalir pada sensor *flowmeter* dengan sistem irigrasi tetes.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mampu merancang desain *greenhouse* dan monitoring penyiraman irigrasi tetes untuk tanaman cabai.
2. Mampu merancang sistem penyiraman tanaman menggunakan sensor *Soil Moisture* dan sensor *flowmeter* yang terintegrasi dengan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan ESP8266 berbasis (IoT) pada *greenhouse*.
3. Mampu mengkalibrasi nilai sensor kelembapan (*Soil Moisture Capacitive*) dan sensor *flowmeter*.
4. Mampu mengendalikan sistem penyiraman dan nilai debit air yang mengalir pada sensor *flowmeter* dengan sistem irigasi tetes.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini diharapkan menghasilkan alat yang dapat memonitoring dan mengendalikan kelembapan tanah dan sistem penyiraman irigasi tetes untuk tanaman cabai sebagai parameter kesuburan tanaman menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan ESP8266 dari jarak jauh yang berguna untuk para petani memanfaatkan lahan yang sempit dan juga meningkatkan pertanian yang cerdas yang dilakukan menggunakan teknologi terdepan.

1.6 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini terbatas pada pengembangan sistem penyiraman jarak jauh menggunakan sensor kelembapan tanah dan sensor *flowmeter*.
2. Menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan ESP8266.
3. Penelitian ini memfokuskan merancang dan menerapkan sistem pengairan atau irigasi yang mendukung kegiatan penyiraman pada *greenhouse*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian yang berhubungan dengan topik penelitian ini sebagai perbandingan dengan penelitian yang sudah dilakukan, oleh Gunawan (2018) berjudul “Rancang bangun alat penyiraman tanaman otomatis menggunakan sensor kelembaban tanah”, yang fokus pada rancang bangun alat penyiraman tanaman otomatis dengan menggunakan sensor kelembaban tanah. Mereka menggunakan sensor lempeng tembaga sebagai elektroda untuk mengukur resistansi tanah dan mengkonversinya menjadi data digital yang dapat diproses oleh prosesor Arduino Mega 2560 (Gunawan, 2018).

Selanjutnya, penelitian oleh Sasmoko dan Horman (2020) dengan judul “Sistem monitoring aliran air dan penyiraman otomatis pada rumah kaca berbasis IoT dengan Esp8266 dan *Blynk*” mengembangkan sistem monitoring aliran air dan penyiraman otomatis pada rumah kaca berbasis IoT. Mereka menggunakan Arduino dan Esp8266 untuk mengontrol penyiraman yang dapat dipantau melalui perangkat *Android* dengan bantuan *server Blynk*.

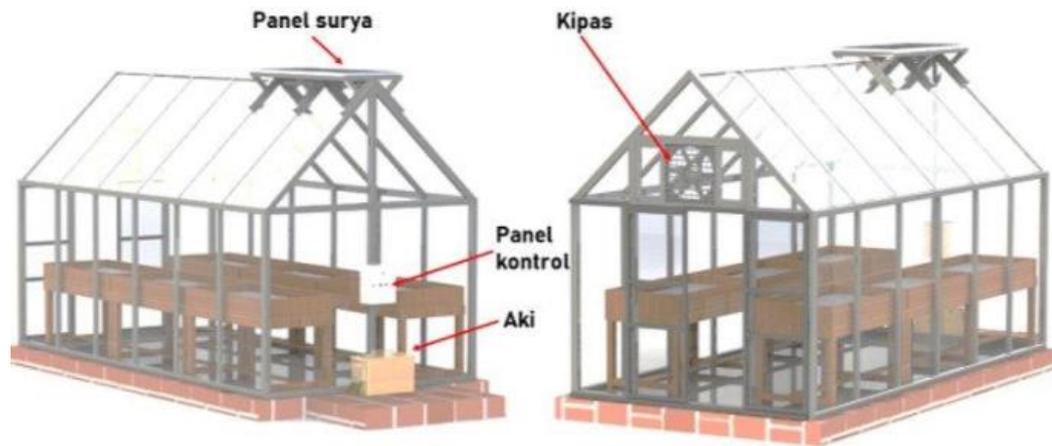
Selanjutnya, penelitian oleh Supriatna dan rekan-rekannya (2022) dengan judul “Sistem monitoring tanaman cabai untuk meningkatkan hasil panen”, fokus pada sistem tanaman cabai dengan penggunaan Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroler utama, yang juga mengatur penyiraman otomatis untuk meningkatkan hasil panen. Semua penelitian ini berkontribusi pada pengembangan teknologi penyiraman tanaman yang lebih efisien dan otomatis (Supriatna dkk., 2022). Penelitian ini membuat alat penyiraman otomatis pada *greenhouse* berbasis IoT menggunakan mikrokontroler, sensor *soil moisture* untuk kelembaban tanah, Sensor suhu DHT11 untuk pemantauan suhu, ESP8266 sebagai *server* untuk menampilkan (suhu, kelembapan relatif, kelembaban udara dan level penampung

air), sensor *flowmeter* untuk mengukur jumlah/laju aliran air dan bisa dipantau secara jarak jauh menggunakan aplikasi pada *smartphone*.

Selanjutnya, penelitian oleh Faisal dan rekan rekanya (2023) dengan judul “Analisis kinerja monitoring suhu dan kelembapan tanah berbasis IoT pada alat penyiraman otomatis tanaman cabai di dalam *greenhouse*”. Penelitian ini membuat alat untuk menanam cabai dan penyiraman tanaman cabai. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat penyiraman otomatis yang dapat dipantau dari jarak jauh guna memastikan kelembapan tanah tetap optimal. Alat penyiraman otomatis ini, yang dirancang untuk digunakan dalam *greenhouse*, berbasis IoT dan dilengkapi dengan sistem monitoring yang menggunakan Arduino Mega2560 dan NodeMCU ESP8266 untuk pengiriman data ke platform Thinger.io. Pompa air akan aktif ketika sensor mendeteksi kelembapan tanah lebih dari 70% dan akan mati saat kelembapan turun di bawah 50%.

2.2 *Greenhouse*

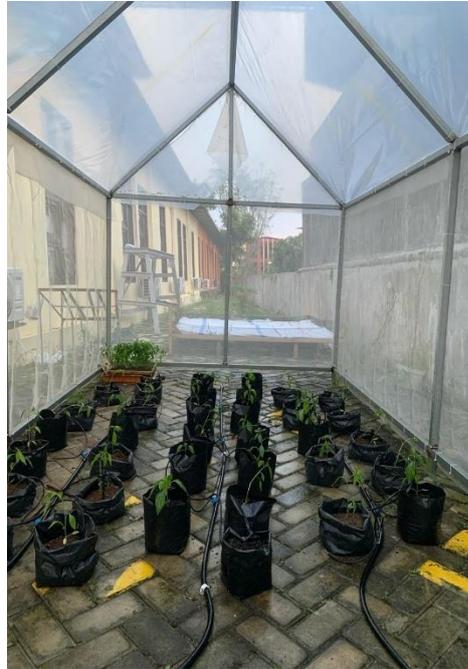
Greenhouse merupakan sebuah bangun konstruksi dengan atap tembus cahaya yang berfungsi memanipulasi kondisi lingkungan agar tanaman di dalamnya dapat berkembang optimal. Manipulasi lingkungan ini dilakukan dalam dua hal, yaitu menghindari kondisi lingkungan yang tidak dikehendaki dan memunculkan kondisi lingkungan yang dikehendaki. Penggunaan *greenhouse* memungkinkan dilakukannya modifikasi lingkungan yang tidak sesuai bagi pertumbuhan tanaman menjadi lebih mendekati kondisi optimum bagi pertumbuhan tanaman. Rumah tanaman memungkinkan pertumbuhan tanaman pada musim dingin karena suhu udara di dalamnya dapat diatur supaya tidak terlalu rendah. Pada kawasan yang beriklim tropis dan basah seperti di Indonesia, penggunaan *greenhouse* lebih difungsikan sebagai tempat perlindungan tanaman budidaya dari serangan hama dan cuaca, dalam hal ini melindungi tanaman dari hujan yang juga dapat menyebabkan kerusakan pada tanaman (Tando, 2019). Contoh desain *greenhouse* dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Desain *Greenhouse* (Tando, 2019).

Penggunaan *greenhouse* dalam budidaya tanaman merupakan salah satu cara untuk memberikan lingkungan yang lebih mendekati kondisi optimum bagi pertumbuhan tanaman. *Greenhouse* dikembangkan pertama kali dan umum digunakan di kawasan yang beriklim subtropika. Penggunaan *greenhouse* terutama ditujukan untuk melindungi tanaman dari suhu udara yang terlalu rendah pada musim dingin. Dengan menggunakan *greenhouse*, beberapa kondisi lingkungan dapat diatasi, seperti fluktuasi suhu dan kelembaban, dampak buruk dari radiasi sinar matahari seperti sinar ultraviolet dan sinar inframerah, serta masalah kekurangan air saat kemarau dan kelebihan air saat musim hujan. Selain itu, juga dapat mengurangi masalah seperti hama, binatang pengganggu, jamur, dan bakteri yang merugikan tanaman. *Greenhouse* juga dapat melindungi tanaman dari tiupan angin kencang yang bisa merusaknya, serta mencegah gangguan dari serangga yang mengganggu proses penyerbukan bunga. *Greenhouse* menciptakan kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan tanaman dengan cuaca yang stabil, suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya matahari yang dapat diatur sesuai kebutuhan. Penyiraman tanaman juga dapat diatur secara teratur, menjaga kebersihan lingkungan untuk mencegah penyakit tanaman, memberikan kenyamanan dalam aktivitas produksi, mengontrol mutu tanaman, serta menyediakan udara bersih dan perlindungan terhadap gangguan binatang/hama dan serangga pengganggu (Tando, 2019). Pada penelitian ini memanfaatkan lahan yang sempit yaitu di jurusan fisika UNILA untuk

pembuatan lahan *greenhouse* menggunakan media tanam cabai. Desain *greenhouse* fisika UNILA dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.

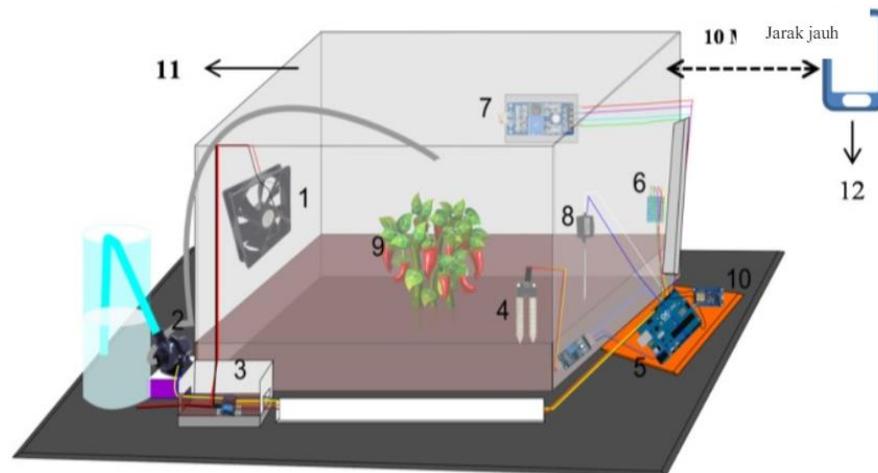


Gambar 2.2 *Greenhouse* di Fisika FMIPA UNILA.

2.2.1 Smart Garden

Smart garden adalah aplikasi sistem kendali dan pemantauan penyiraman serta perawatan tanaman yang memanfaatkan teknologi cerdas IoT. Aplikasi ini tidak hanya dapat dioperasikan dan dikendalikan oleh manusia, tetapi juga memungkinkan mesin-mesin untuk saling terhubung, berinteraksi, dan bertukar data melalui prosedur *Machine to Machine* (M2M). Teknologi ini akan diterapkan pada *smart garden*. Dengan memasang sensor pada alat yang ditempatkan di dekat tanaman dan terhubung dengan aplikasi, pengguna dapat memantau data terkait tanaman. Selain pemantauan, *smart garden* juga menawarkan solusi otomatis seperti penyiraman dan pengaturan kelembaban. Dengan adanya sistem ini, perawatan tanaman menjadi lebih efisien dan terukur, sehingga tanaman dapat tumbuh dengan optimal tanpa memerlukan perhatian terus-menerus dari pengguna. Hal tersebut kerap dinamakan dengan lebih memfokuskan diri kepada fungsi *monitoring* antara sensor dan pengontrol jadi petani dapat menggunakan aplikasi, merawat tanaman (memotong daun atau dahan), memanen, serta membuka lahan

baru (Firli dkk., 2022). Contoh desain *Smart Garden* dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Desain *Smart Garden* (Mukhayat dkk., 2021).

Pada **Gambar 2.3** (1) Kipas untuk mengontrol suhu *smart garden* (2) Pompa untuk menghidupkan air, (3) Relay untuk mengontrol pompa air, (4) Sensor *Soil Moisture* untuk mengukur kelembapan tanah pada *smart garden*, (5) Arduino uno sebagai mikrokontroler, (6) Sensor Dht11, (7) Sensor LDR, (8) Sensor pH Tanah, (9) Tanaman cabai, (10) ESP8266 sebagai modul WIFI, (11) Mika, (12) Handphone.

2.2.2 Penyiraman Otomatis Berbasis Iot.

Sistem otomatis merupakan sebuah sistem yang mampu menjalankan suatu pekerjaan tanpa ada campur tangan manusia. Sistem otomatis berkembang sangat pesat, sehingga sistem otomatis mulai marak digunakan dalam berbagai bidang seperti halnya bidang pertanian. Hal Ini disebabkan, kebutuhan masyarakat akan hasil pertanian seperti beras, buah-buahan dan lainnya mulai meningkat. Akan tetapi, tidak semua pihak memanfaatkan sistem otomatis untuk membantu pekerjaan petani. Hal Ini menyebabkan para petani akan (bekerja lebih keras lagi). Seperti halnya tanaman adalah alat yang digunakan dalam melakukan Pengairan penyiraman atau pengairan dalam dunia pertanian. Pengertian penyiraman atau pengairan sendiri ialah satu proses pembekalan air atau pengaliran ketanah untuk keperluan tanaman dan seterusnya dapat meningkatkan kualitas dan

hasil tanaman. Dalam hal ini peran penyiram pada pemeliharaan tanaman sangatlah penting karena akan sangat mempengaruhi proses pertumbuhan tanaman itu sendiri. Tanaman akan tumbuh dengan optimal apabila proses pengairan atau penyiraman dilakukan secara optimal pula, artinya penyiraman haruslah dapat membantu pekerjaan manusia dalam melakukan penyiraman dan pengairan itu sendiri (Rahardjo, 2022). Contoh skema penyiraman otomatis berbasis IoT dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



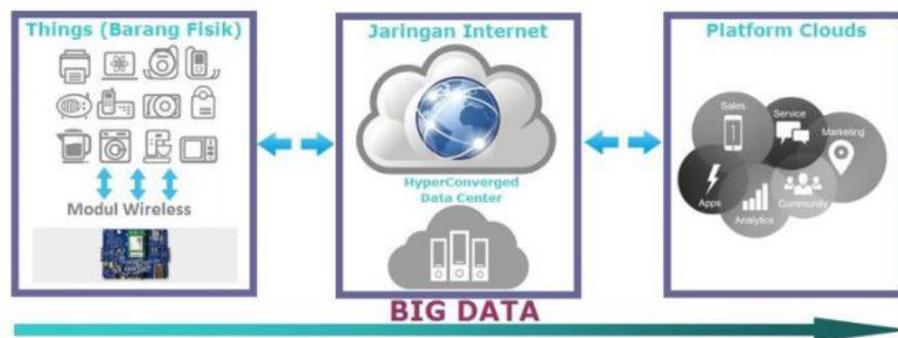
Gambar 2.4 Penyiraman otomatis berbasis IoT (Thoriq, 2022).

2.2.3 *Internet Of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) merupakan sebuah jaringan dengan memperluas manfaat dari konsep yang bertujuan konektivitas untuk terus-menerus internet yang tersambung. Adapun kemampuan seperti berbagi data, *remote control*, dan sebagainya, termasuk juga pada benda di dunia. Cara kerja IoT adalah interaksi antara sesama mesin yang terhubung secara otomatis tanpa campur tangan *user* dan dalam jarak berapa pun, agar tercapainya cara kerja IoT tersebut diatas *internet* menjadi penghubung di antara kedua interaksi mesin tersebut. Sementara *user* hanya bertugas sebagai pengatur dan pengawas bekerjanya alat tersebut secara langsung. Manfaat yang didapatkan dari konsep IoT adalah pekerjaan yang dilakukan bisa menjadi lebih cepat, mudah dan efisien. Sistem dasar dari IoT terdiri dari *hardware/fisik (Things)*, dan koneksi *internet*. *Cloud data Center* adalah

tempat untuk menyimpan atau menjalankan aplikasinya secara singkat dapat dikatakan IoT adalah dimana benda-benda di sekitar kita dapat berkomunikasi antara satu sama lain melalui jaringan internet (Budihartono dan Supriyono, 2023).

Internet of things mengacu pada benda yang dapat diidentifikasi sebagai representasi *virtual* dalam struktur berbasis Internet. *Internet of Things* memiliki potensi untuk mengubah dunia seperti yang pernah dilakukan oleh *Internet*, bahkan mungkin lebih baik. Penelitian pada *Internet of Things* masih dalam tahap perkembangan. Oleh karena itu, tidak ada definisi standar dari *Internet of Things*. Terdapat juga berbagai definisi yang dirumuskan oleh peneliti yang berbeda serta tercantum dalam survei. Di dalam membangun *Internet of Things* para *engineer* harus memperhatikan tiga aspek yaitu ukuran, ruang, dan waktu. *Internet Of Things* juga sangat berguna dalam otomatisasi seluruh perangkat yang terhubung ke *internet* dimana konfigurasi otomatisasi tersebut dapat disesuaikan dengan mudah tanpa harus datang ke lokasi perangkat tersebut. Baik untuk alasan keamanan untuk wilayah yang tidak mungkin dimasuki manusia, maupun untuk alasan jangkauan terhadap perangkat yang akan dikendalikan tersebut (Rahman, 2018). Contoh konsep IoT seperti **Gambar 2.5**.

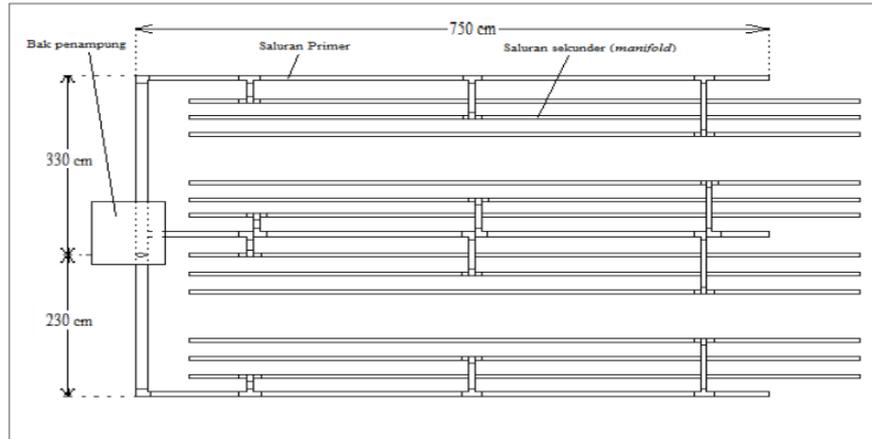


Gambar 2.5 Konsep *Internet Of Things* (Putra dan Faiza, 2022).

2.2.4 Sistem Irigasi Tetes

Irigasi tetes merupakan cara pemberian air dengan jalan meneteskan air melalui pipa-pipa di sekitar tanaman atau sepanjang larikan tanaman. Disini hanya sebagian dari daerah perakaran yang terbasahi tetapi seluruh air yang ditambahkan dapat

diserap cepat pada keadaan kelembapan tanah rendah. Jadi keuntungan cara ini adalah penggunaan air irigasi yang sangat efisien. Nilai ekonomis air dengan menggunakan irigasi tetes lebih baik dibandingkan dengan irigasi permukaan. Irigasi tetes dapat dibedakan menjadi 3 macam yang berdasarkan jenis cucuran airnya, yaitu (a) Air merembes sepanjang pipa lateral (*viaflow*), (b) Air menetes atau memancar melalui alat aplikasi yang dipasang pada pipa lateral, dan (c) Air setiap litter bisa dikoreksi dan diatur, hingga didapatkan debit yang seragam (Ekaputra dkk., 2016). Sistem irigasi tetes memandu aliran air melalui pipa berlubang dengan tekanan rendah, dengan tujuan utama memastikan air dialirkan secara langsung ke daerah perakaran pot. Fokus utama sistem ini adalah memenuhi kebutuhan air tanaman tanpa perlu memberikan air pada seluruh lahan, yang pada gilirannya membantu mengurangi penguapan berlebihan, meningkatkan efisiensi penggunaan air, dan mengendalikan pertumbuhan gulma. sistem ini memberikan kestabilan pada lingkungan tanaman, sementara air disalurkan secara khusus ke daerah perakaran, mendukung pertumbuhan tanaman. Sprinkler berperan dalam menyebarkan air dengan cara yang seragam, mendukung efisiensi dan keseragaman pemberian air. Meskipun debit air rendah, sistem ini tetap efektif dalam menyediakan kebutuhan air yang tepat pada tanaman, dengan tekanan yang diatur sedemikian rupa. Irigasi tetes juga termasuk dalam kategori irigasi permukaan, di mana air diberikan melalui jaringan pipa di atas permukaan tanah sesuai dengan jalur-jalur tanaman, menghilangkan kebutuhan akan pembuatan parit atau selokan tambahan. Peralatan khusus seperti pipa utama, sub-utama, lateral, sprinkler, pompa air, saringan, katup-katup, pengontrol tekanan, dan injektor pupuk turut mendukung efisiensi sistem ini. setiap tanaman menerima air irigasi langsung di atas perakaran pot, melalui penetes yang terpasang pada pipa lateral, (Ekaputra, 2016). Contoh desain jaringan sistem irigrasi tetes dalam greenhouse dapat dilihat pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2. 6 Jaringan irigasi tetes dalam *greenhouse* (Ekaputra dkk., 2016).



Gambar 2.7 Sistem irigasi tetes dalam *greenhouse* (Ekaputra dkk., 2016).

2.3 Tanaman Cabai

Tanaman cabai (*Capsicum Annum L*) merupakan jenis tanaman yang membutuhkan ketersediaan air dalam jumlah yang cukup, dan dengan pemberian yang tepat waktu. Keadaan tersebut dapat dicapai dengan penerapan sistem irigasi tetes, karena sistem ini dapat diatur jumlah dan waktu pemberian, sesuai dengan kebutuhan air tanaman cabai. Cabai keriting merupakan komoditas harga dan sayuran yang banyak ditanam karena harga dan manfaatnya. Namun, cabai yang tumbuh cukup rentan terhadap kondisi cuaca dan hama. Secara umum tanaman dapat tumbuh pada suhu optimal 24° C-28° C dengan ketinggian 0-2000 mdpl,

curah hujan 800 -2000 mm/tahun dan kelembaban 80% (Rahman dan Simanjuntak, 2022). Suhu mempengaruhi hasil produksi. Pembudidayaan tanaman cabai membutuhkan perhatian khusus karena jika tanaman ini tidak mendapatkan kondisi atau keadaan yang baik maka tanaman ini tidak dapat tumbuh dengan baik, misalnya jika tingkat kelembaban tanah yang tidak sesuai maka tanaman cabai akan lambat berbuah dan bahkan tidak berbuah sama sekali. Tingkat kelembaban tanah yang umumnya ideal bagi tanaman cabai adalah 60%-80%. Apabila suhu tanah naik akan berakibat berkurangnya kandungan air dalam tanah sehingga unsur hara sulit diserap tanaman dan dapat mengakibatkan aktivitas negatif seperti terjadi pembongkaran/kerusakan organ jika suhu tanah rendah maka kandungan air dalam tanah akan bertambah akibatnya aktivitas akar/respirasi semakin rendah mengakibatkan proses distribusi unsur hara jadi lambat dan akhirnya pertumbuhan tanaman jadi lambat (Lestari dan Antony, 2020). Contoh tanaman cabai dapat dilihat pada **Gambar 2.8**.



Gambar 2.8 Tanaman cabai keriting (Ekaputra dkk.,2016).

Tanaman cabai tanaman yang sangat sensitif terhadap kelebihan ataupun kekurangan air. Jika tanah telah menjadi kering dengan kadar air di bawah batas depresi, maka tanaman akan kurang mengabsorpsi air sehingga menjadi layu dan lama kelamaan akan mati. Demikian pula sebaliknya, ternyata pada tanah yang banyak mengandung air akan menyebabkan aerasi tanah menjadi buruk dan tidak menguntungkan bagi pertumbuhan akar, akibatnya pertumbuhan tanaman akan kurus dan kerdil. Di samping itu, kebutuhan air untuk tanaman cabai akan

meningkat seiring dengan pertumbuhan tanaman. Untuk fase vegetatif rata-rata dibutuhkan air irigasi sekitar 200 ml/tanaman, sedangkan untuk fase generatif sekitar 400 ml/tanaman.

2.4 Kelembapan Tanah

Kelembaban tanah pada budidaya tanaman cabai membutuhkan perhatian khusus, kelembaban tanah menyatakan jumlah air yang tersimpan diantara pori-pori tanah sangat dinamis, hal ini disebabkan oleh penguapan melalui permukaan tanah dan perkolasi. Cabai merah termasuk tanaman yang tidak tahan terhadap kekeringan, tetapi juga tidak tahan terhadap genangan air. Air tanah dalam keadaan kapasitas lapang (lembab tetapi tidak becek) sangat mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman cabai merah. Masa kritis tanaman ini terhadap kebutuhan air adalah saat pertumbuhan vegetatif cepat, pembentukan bunga dan hasil penelitian diketahui bahwa kelembaban tanah yang ideal untuk pertumbuhan dan hasil cabai merah berkisar antara 60-80% kapasitas lapang. Proses pada penanaman cabai membutuhkan kondisi penyiraman khusus agar kelembaban tanah dapat terjaga. Penyiraman tanaman secara manual masih menjadi kelemahan, karena dilakukan tanpa batasan penggunaan air. Kondisi tanah dengan terlalu banyak atau terlalu sedikit air berkontribusi pada nutrisi tanaman yang kurang optimal. Agar dapat mengatasi hal tersebut, maka penyiraman otomatis dapat menjadi solusi dalam mengoptimalkan kebutuhan pada nutrisi tanaman, ketika menggunakan penyiraman otomatis maka kadar air pada tanaman relatif sama (Mukhayat dkk, 2021).

2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan *prosesor* yang digunakan khusus untuk kepentingan pengontrolan, meskipun mempunyai bentuk lebih kecil dari komputer pribadi dan mainframe, mikrokontroler dibangun dengan elemen elemen yang sama. sebuah sistem komputer dimana seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu *chip Integrated Circuit (IC)*, sehingga sering disebut *single chip*

microcomputer. Mikrokontroler ini juga merupakan sebuah sistem komputer yang memiliki satu atau beberapa tugas yang spesifik, beberapa dengan PC yang memiliki beragam fungsi. Perbedaan yang lain adalah perbandingan *Random Access Memory* (RAM) dan *Read Only Memory* (ROM) yang sangat besar antara mikrokontroler dengan komputer. Mikrokontroler memiliki kemampuan untuk mengolah serta memproses data sekaligus juga dapat digunakan sebagai unit kendali, maka dengan sekeping *chip* yaitu mikrokontroler kita dapat mengendalikan suatu alat. Mikrokontroler, sebagai terobosan teknologi mikrokoprosesor dan mikrokomputer, hadir memenuhi kebutuhan pasar (*market need*) dan teknologi baru. Sebagai kebutuhan pasar, mikrokontroler hadir untuk memenuhi selera *industri* dan para konsumen akan kebutuhan dan keinginan alat-alat bantu. Tidak seperti sistem komputer, yang mampu menangani berbagai macam program aplikasi (misalnya pengolah kata, pengolah angka, dan lain sebagainya), mikrokontroler hanya bisa digunakan untuk satu aplikasi tertentu saja (Alfaresi dkk, 2021).

Adapun mikrokontroler yang dipakai peneliti adalah mikrokontroler jenis ESP8266 yang merupakan sebuah board elektronik yang berbasis *chip* ESP8266 dengan kemampuan dapat menjalankan fungsi sebagai mikrokontroler yang sudah dilengkapi koneksi internet (Wi-Fi), selain itu di dalamnya juga sudah disematkan kemampuan untuk menjalankan *web server*. NodeMCU adalah sebuah *board* elektronik yang berbasis *chip* ESP8266 dengan kemampuan menjalankan fungsi mikrokontroler dan juga koneksi internet (Wi-Fi). Terdapat beberapa pin I/O sehingga dapat dikembangkan menjadi sebuah aplikasi monitoring maupun *controlling* pada proyek IoT. NodeMCU merupakan sebuah *platform* IoT yang bersifat *open source* dan sebagai *board* yang mempackage ESP8266 ke dalam sebuah *board* yang sudah terintegrasi dengan berbagai *feature* selayaknya mikrokontroler dan kapasitas akses terhadap Wi-Fi dan juga chip komunikasi yang berupa *USB to serial*. Sehingga data pemrograman hanya dibutuhkan kabel data USB. Karena Sumber utama dari NodeMCU adalah ESP8266 khususnya seri ESP-12 yang termasuk ESP-12E (Suryana, 2021).

2.6 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah mikrokontroler populer yang sering digunakan dalam proyek-proyek penelitian dan pengembangan karena kemampuannya yang fleksibel dan kaya fitur. Perangkat ini memiliki 54 pin digital I/O, 16 input analog, dan kemampuan memori yang lebih besar dibandingkan model Arduino lainnya, menjadikannya ideal untuk aplikasi yang membutuhkan banyak koneksi atau pemrosesan data. Arduino Mega 2560 sering digunakan dalam proyek Internet of Things (IoT) dan sistem otomatisasi, seperti monitoring suhu dan kelembapan, karena kompatibilitasnya dengan berbagai sensor dan perangkat tambahan. (Arifin dkk., 2016). Contoh papan Arduino Mega 2560 dapat dilihat pada **Gambar 2.9**.



Gambar 2.9 Mikrokontroler Arduino mega 2560(Arifin dkk.,2016).

Data teknis board Arduino mega 2560 pada **Gambar 2.9** sebagai berikut:

Tabel 2.1 Data Teknik board Arduino mega 2560

No	Spesifikasi	Keterangan
1.	Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
2.	Analog Input Pins	16
3.	DC Current per I/O Pin	40 mA
4.	DC Current for 3.3V Pin	50 mA
5.	Flash Memory	256 kb of which 8 kb used by bootloader
6.	SRAM	8 kb
7.	EEPROM	4 kb
8.	Clock Speed	16 MHz
9.	Operating Vooltage	5 V

Arduino Mega 2560 Revisi 3 memiliki fitur-fitur baru berikut:

- a. pinout: Ditambahkan pin SDA dan pin SCL yang dekat dengan pin A_{REF} dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat dengan pin RESET, IO_{REF} memungkinkan shield untuk beradaptasi dengan tegangan yang tersedia pada papan. Di masa depan, shield akan kompatibel baik dengan papan yang menggunakan AVR yang beroperasi dengan 5 volt dan dengan Arduino yang beroperasi dengan tegangan 3,3 volt.
- b. Chip ATmega16U2 menggantikan chip ATmega8U2. Sumber daya tegangan arduino. Arduino Mega dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Sumber daya eksternal (non-USB) dapat berasal baik dari adaptor AC-DC atau baterai.

Sumber daya tegangan Arduino mega dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Sumber daya eksternal (non-USB) dapat berasal baik dari adaptor AC-DC atau baterai. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan steker 2,1 mm yang bagian tengahnya terminal positif ke ke jack sumber tegangan pada papan. Papan Arduino mega2560 dapat beroperasi dengan pasokan daya eksternal 6 volt sampai 20 volt. Jika diberi tegangan kurang dari 7 volt, maka, pin 5volt mungkin akan menghasilkan tegangan kurang dari 5 volt dan ini akan membuat papan menjadi tidak stabil. Jika sumber tegangan menggunakan lebih dari 12 volt.

Pin tegangan yang tersedia pada papan Arduino adalah sebagai berikut:

- a. V_{In} : Adalah input tegangan untuk papan Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai 'saingan' tegangan 5 volt dari koneksi USB atau sumber daya ter-regulator lainnya).
- b. 5V: Sebuah pin yang mengeluarkan tegangan ter-regulator 5 volt, dari pin ini tegangan sudah diatur (ter-regulasi) dari regulator yang tersedia (built-in) pada papan.

- c. 3V: Sebuah pin yang menghasilkan tegangan 3,3 volt. Tegangan ini dihasilkan oleh regulator yang terdapat pada papan (*on-board*). Arus maksimum yang dihasilkan adalah 50 mA.
- d. GND: Pin *Ground* atau Massa.
- e. I_{REF}: Pin ini pada papan Arduino berfungsi untuk memberikan referensi tegangan yang beroperasi pada mikrokontroler. Sebuah perisai (*shield*) dikonfigurasi dengan benar untuk dapat membaca pin tegangan I_{REF} dan memilih sumber daya yang tepat atau mengaktifkan penerjemah tegangan (*voltage translator*) pada output untuk bekerja pada tegangan 5 volt atau 3,3 volt.

Dalam penelitian ini peneliti memilih Arduino mega 2560 sebagai mikrokontrolernya, dengan menggunakan mikrokontroler ini bertujuan untuk mengintegrasikan sensor-sensor yang akan digunakan (Arifin dkk., 2016).

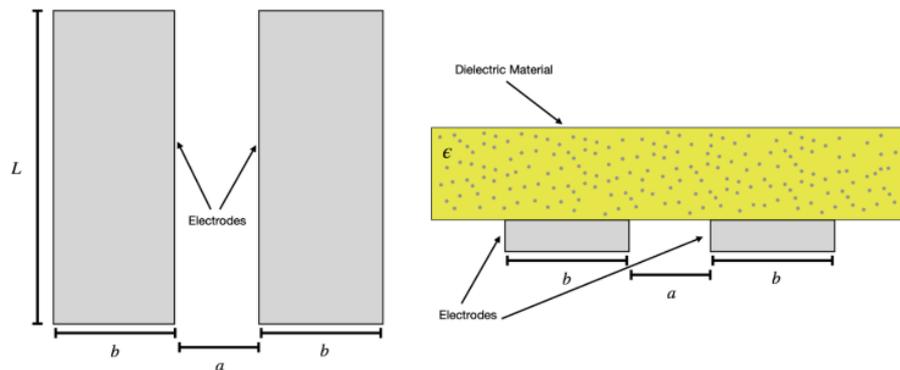
2.7 Sensor *Soil Moisture Capacitive*

Sensor *Soil Moisture Capacitive* adalah sensor yang mampu mengukur kelembaban suatu tanah. Sensor seperti ini dapat dipakai untuk kepentingan penyiraman media tanaman secara otomatis, jika kelembaban tanah mencapai ambang tertentu. Sensor ini menggunakan dua buah *probe* untuk melewati arus melalui tanah lalu membaca tingkat resistansinya untuk mendapatkan tingkat kelembaban tanah. Makin banyak air membuka tanah makin mudah mengalirkan arus listrik dalam arti semakin semakin besar banyak air maka kelembaban semakin besar, sementara tanah kering arus listrik atau kelembaban sedikit sulit mengalirkan. Tiga buah terdapat pada sensor pin yang mana masing-masing pin memiliki tugas sendiri-sendiri yaitu *analog* output yang (kabel biru) *Ground* (kabel hitam), dan *power* (kabel merah). Sensor soil moisture dalam daya sebesar 3,3 V atau 5V dengan keluaran tegangan sebesar 4,2 V (Aditama dan Mulyati, 2022). Contoh sensor *soil capacitive* dapat dilihat pada **Gambar 2.10**.



Gambar 2.10 *Capacitive soil moisture sensor* (Aditama dan mulyati, 2022).

Sensor kelembapan bekerja dengan prinsip dasar kapasitor yang menyimpan muatan listrik. Komponen elektronik ini terdiri dari tiga elemen utama: pelat positif, plat negatif, dan ruang di antara keduanya yang disebut dielektrik. Struktur fisik dan desain sensor kelembapan kapasitif bervariasi, mirip dengan berbagai jenis kapasitor yang umumnya digunakan. Sensor ini umumnya mengandung setidaknya dua konduktor listrik, sering kali berbentuk pelat logam atau permukaan yang dipisahkan oleh media dielektrik dapat dilihat pada **Gambar 2.11**.



Gambar 2.11 *Sensor soil moisture capacitive* (Aditama dan Mulyati, 2022).

Prinsip ini diterapkan dalam pengukuran kelembapan tanah, di mana perubahan kelembapan di sekitar sensor dapat memengaruhi kapasitansi. Kondisi lingkungan yang lebih lembap dapat menyebabkan perubahan kapasitansi sensor, yang kemudian dapat diukur dan diinterpretasikan untuk memberikan informasi tentang tingkat kelembapan di sekitarnya. Dengan demikian, sensor kelembapan kapasitif

menjadi alat yang efektif dalam memonitor dan mengukur tingkat kelembapan dalam berbagai aplikasi. Sensor ini memiliki pengatur tegangan internal yang mendukung 3,3V, artinya dapat bekerja dengan papan pengembangan 3.3V dan juga 5V. Disarankan agar daya 3,3V digunakan jika tersedia, untuk memaksimalkan resolusi ADC. Spesifikasi lengkap sensor *soil moisture* ditunjukkan pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3. Spesifikasi sensor *soil moisture capacitive*

No	Spesifikasi	Keterangan
1.	Tipe sensor	Analog
2.	Tegangan pengoperasian	3,3 VDC
3.	Tegangan keluaran	0-3.0 VDC

2.8 Sensor *Flowmeter*

Sensor *Flowmeter* adalah salah satu sensor untuk menghitung debit air yang mengalir serta akan menggerakkan motor dalam satuan liter. Motor akan bergerak sesuai dengan kecepatan aliran air yang mengalir. Sensor *flowmeter* ini terdiri katup plastic, rotor air, dan sensor efek hall. Prinsip kerja dari sensor ini yaitu memanfaatkan fenomena efek hall. Pada sensor efek hall tersebut akan membaca sinyal tegangan berupa pulsa lalu akan mengirimkan sinyal ke *mikrokontroler*. Air yang mengalir akan melewati katup plastik dari sensor *flowmeter* tersebut dan membuat rotor magnetnya berputar dengan kecepatan tertentu sesuai dengan tingkat aliran yang mengalir. Kemudian medan magnet yang ada pada rotor tersebut akan memberikan efek pada sensor efek Hall yang akan menghasilkan sinyal pulsa berupa tegangan. Output dari pulsa tegangan memiliki tingkat yang sama dengan input yang dimiliki frekuensi laju aliran. Lalu sinyal tersebut dapat diolah menjadi data digital melalui pengendali atau mikrokontroler (Ramadhan dkk., 2019).

Pengukuran debit air menggunakan sensor *Water Flow* yang dilakukan dengan rumus hidrolika, diperoleh melalui rumusan sebagai berikut.

$$Q = v.A \quad (2.1)$$

dengan Q adalah debit air (m^3/s), v adalah kecepatan aliran air (m/s), dan A adalah luas penampang (m^2).

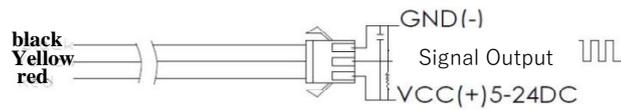
Alat ini terdiri dari *primary device*, yang disebut sebagai alat utama dan *secondary device* (alat bantu sekunder) *Flowmeter* umumnya terdiri dari dua bagian, yaitu alat utama dan alat bantu sekunder (Atmajaya dkk., 2019). Contoh sensor *flowmeter* dilihat pada **Gambar 2.13**.



Gambar 2.13 Sensor *flow* YF-S041 (Naibaho and Supriyono, 2020).

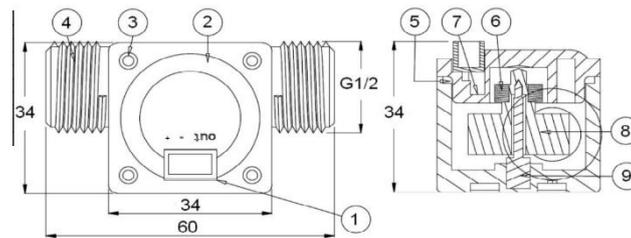
Sensor *flowmeter* beroperasi dengan prinsip pengukuran aliran cairan dalam suatu sistem. Salah satu tipe sensor yang umum digunakan adalah sensor Hall, yang mendeteksi perubahan medan magnet yang dihasilkan oleh partikel-partikel bermuatan dalam cairan yang mengalir. Ketika air melewati sensor, partikel-partikel tersebut memicu perubahan medan magnet, yang diukur oleh sensor Hall. Data yang dihasilkan oleh sensor kemudian direkam dan diproses oleh mikrokontroler atau sistem pengukuran yang terhubung. Dengan memperhitungkan parameter seperti luas penampang pipa atau saluran, sistem dapat menghitung debit aliran dalam satuan liter per detik atau liter/menit. Selanjutnya, data debit aliran dapat dikonversi menjadi volume dengan mengkalikannya dengan waktu.

Sensor *flowmeter* yang digunakan pada penelitian ini yaitu sensor *flowmeter* YF-S041 sensor ini terdapat 3 kabel: merah (5-p18pVDC), hitam (*ground*) dan kuning (*hall effect output*). Dengan menghitung pulsa dari output sensor bisa didapat data arus air. Setiap pulsa sekitar 2,25 mililiter. Tetapi laju pulsa akan dipengaruhi oleh arus air, tekanan air dan orientasi sensor.



Gambar 2.14. Data sheet sensor flowmeter.

Water flow sensor terdiri atas beberapa bagian utama, bagian-bagian *flowmeter* sensor ditunjukkan pada **Gambar 2.15**.



Gambar 2.15. Bagian-bagian sensor *flowmeter* (data sheet sensor *flow YFs401*).

Flowmeter sensor memiliki Sembilan bagian utama, bagian bagian tersebut seperti yang tertera pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.4 bagian-bagian sensor *Flowmeter* (data sheet Sensor *Flow*).

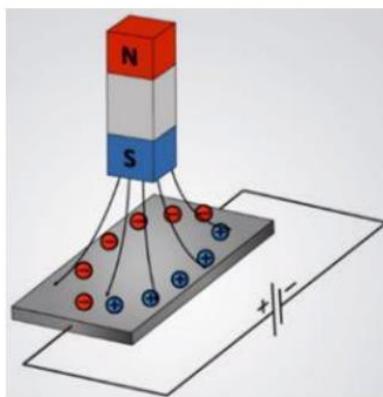
No	Spesifikasi	Material
1.	Wire	PVC
2.	Bonnet	PA
3.	Screw	Zinc Plated
4.	Valve Body	PA
5.	Press Valve	
6.	Magnet	
7.	Hall	
8.	Impeller	POM
9.	steel Sharft	SUS304

2.9 Hall Effect

Efek hall adalah peristiwa membeloknya arus listrik dalam pelat konduktor karena adanya pengaruh medan magnet. Prinsip utama efek Hall adalah gaya Lorentz (akan terjadi ketika sebuah bahan konduktor berbentuk pelat dan diberi medan magnet yang dialiri arus listrik). Permukaan atas pelat konduktor tersebut akan sejajar dengan muatan positif yang arahnya ke atas sedangkan bagian bawah konduktor

akan sejajar dengan muatan negatif yang mengarah ke bawah. Oleh karena itu akan timbul medan listrik dan beda potensial pada penghantar. Setiap bahan konduktor dan semikonduktor akan memiliki konstanta *Hall* yang berbeda. Hal ini dikarenakan jenis pembawa muatan yang berbeda (Nelly dkk., 2020).

Hall effect dapat mendeteksi gerakan atau putaran apabila gerakan atau putaran tersebut dipengaruhi oleh medan magnet. Prinsip kerja *flowmeter* ini adalah dengan memanfaatkan fenomena *hall effect* tersebut seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.16**.

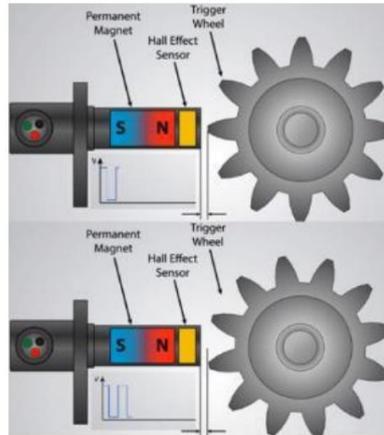


Gambar 2.16 Ilustrasi *Hall Effect* (Nelly, 2020).

Berdasarkan **Gambar 2.16**, tampak bahwa *hall effect* terjadi ketika konduktor pembawa arus tertahan pada medan magnet, medan memberi gaya menyamping pada muatan-muatan yang mengalir pada konduktor. Setiap perubahan medan magnet yang terjadi pada medan magnet akan terdeteksi oleh *hall effect*, dimana perubahan kutub utara dan selatan akan memberikan efek masukan pada *hall effect* dan menghasilkan keluaran berupa pulsa.

Dengan demikian, melalui analisis **Gambar 2.16**, dapat menyimpulkan bahwa *hall effect* merupakan fenomena yang terjadi ketika konduktor pembawa arus bertingkat dalam medan magnet. Hal ini menghasilkan gaya menyamping pada muatan-muatan yang mengalir dalam konduktor. Dengan adanya *hall effect*, setiap perubahan medan magnet akan terdeteksi, memberikan efek masukan pada *hall effect* dan menghasilkan keluaran pulsa. Dalam konteks ini, perubahan kutub utara dan selatan juga mempengaruhi fenomena ini. Hal ini menunjukkan pentingnya

pemahaman tentang *hall effect* dalam konteks penggunaan dan aplikasi teknologi. Adapun sistem kerja dari sensor ini secara spesifiknya, tampak pada **Gambar 2.17**.



Gambar 2.17. *Hall Effect flowmeter* sensor (Nelly, 2020).

Berdasarkan **Gambar 2.17**, tampak bahwa proses dihasilkannya sinyal data pada *water flow meter*. Adanya fluida yang mengalir pada sensor mengakibatkan kincir pada sensor akan berputar. Putaran pada kincir akan menimbulkan medan magnet pada kumparan yang terdapat pada *water flow meter*. Medan magnet tersebut akan dikonversikan oleh *hall effect* menjadi pulsa. Perlu diketahui putaran pada kincir sangat dipengaruhi oleh kekentalan fluida yang dialirkan. Semakin kental fluida yang dialirkan maka akan semakin lambat putaran kincir sehingga frekuensi yang dihasilkan akan semakin kecil, demikian sebaliknya semakin cair fluida yang dialirkan maka akan semakin cepat putaran kincir (Nelly, 2020).

2.10 Solenoid Valve

Solenoid valve adalah katup yang digerakkan oleh energi listrik, mempunyai kumparan sebagai penggerak yang berfungsi untuk menggerakkan piston yang dapat digerakkan oleh arus AC maupun DC. Pada penelitian ini, *Solenoid valve* yang digunakan adalah ZE-4F180 tipe *normally closed* yaitu pada saat kondisi kumparan (*coil/solenoid*) tidak ada tegangan masuk maka *valve* akan menutup sedangkan pada saat kumparan diberi tegangan 12V DC maka plunger akan bergerak ke atas

menekan spring sehingga *plunger* berada di posisi di antara kumparan. Pada saat posisi *plunger* berada diatas, maka aliran air yang berasal dari lubang masukan akan melewati *solenoid valve* (Sirait dkk.,2017).



Gambar 2.18 *Solenoid valve* (Sirait dkk., 2017).

Adapun data teknis *solenoid valve* berdasarkan data sheet ZE-4F180:

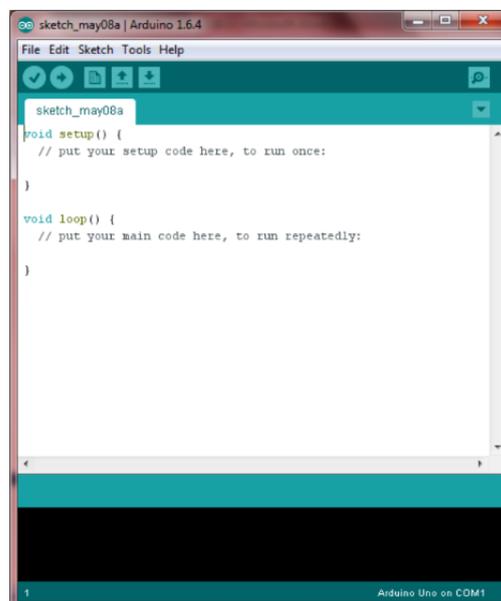
Tabel 2.5 Spesifikasi *solenoid valve* ZE-4F180.

No	Spesifikasi	Keterangan
1.	Input supply	+12VDC
2.	Rated power	5W
3.	Material	Plastic
4.	Flow characteristics	1,5L/min,20L/min
5.	Water pressure	0,02 to 0,8Mpa
6.	Port size	G1/2 inches
7.	Fluid temperature	0-100 deg cm
8.	PCB dimensions	8,5cmx4,5cm
9.	Weight	100g

2.11 Arduino IDE

Arduino *Integrated Development Environment* (IDE) adalah sebuah aplikasi yang sudah mencakup berbagai peran seperti *editor*, *compiler*, dan *uploader* atas semua seri modul keluarga Arduino. *Editor Sketch* pada Arduino IDE Juga mendukung fungsi penomoran baris *syntax highlighting*, yaitu pengecekan sintaksis kode *sketch* (Istiyanto, 2014). Program yang dibuat menggunakan *software* Arduino IDE disebut dengan istilah *sketch*. *Sketch* dituliskan dalam sebuah pengatur teks (*text editor*) dan disimpan dalam sebuah ekstensi, Pengatur teks memiliki kemampuan

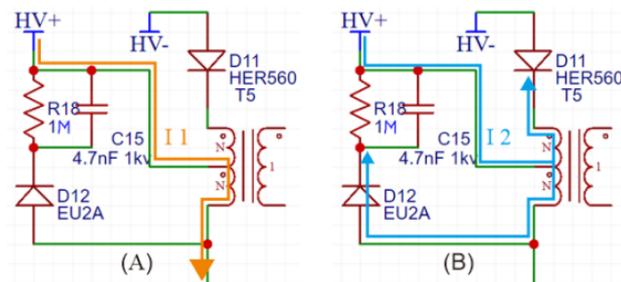
untuk memotong/menempel dan untuk mencari/menggantikan teks, area desain memberikan umpan balik (*feedback*) saat menyimpan dan mengekspor juga kesalahan tampilan. Menampilkan output teks dengan *Arduino Software* (IDE), termasuk dengan kesalahan yang lengkap dan informasi lainnya. Pojok kanan bawah jendela menampilkan papan dikonfigurasi dan *port serial*, Tombol *toolbar* akan memungkinkan untuk memverifikasi dan mengupload program, membuat, membuka, dan menyimpan sketsa, dan membuka *monitor serial*. Setelah *software* dan *driver Arduino* terinstal, jalankan *Arduino IDE* dan konfigurasi tipe *board* target yang akan digunakan melalui menu *Tools* kemudian memilih *board* yang digunakan.



Gambar 2.19 Tampilan Arduino Ide (Arifin dkk., 2016).

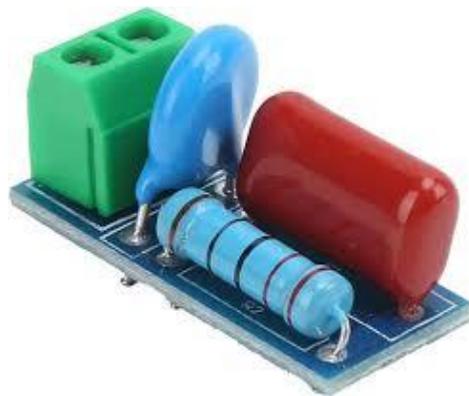
2.12 RC-Snubber

Rangkaian *snubber* sendiri merupakan rangkaian pencacah frekuensi induksi. Terdiri dari kapasitor dan resistor atau ditambah dengan dioda yang dipasang seri maupun paralel dengan lilitan (*trafo primer*). Berguna untuk meredam frekuensi tinggi induksi pada lilitan primer sehingga tercipta frekuensi dan arus yang stabil di dalam lilitan primer (Ole dan Hartanto). Rangkaian *skematic snubber* dapat dilihat pada **Gambar 2.20**.



Gambar 2.20 RC Snubber dengan kondisi (A) *Switching ON* dan (B) *Switching off* (Pamenang dkk., 2017).

Pada penelitian ini rangkaian snubber memainkan peran penting dalam melindungi komponen-komponen sensitif dan meningkatkan efisiensi rangkaian. Dengan mengurangi lonjakan tegangan dan arus yang mungkin terjadi akibat fenomena induksi, snubber menjadi garda terdepan dalam memastikan kelancaran operasi suatu sistem elektronik. Penyesuaian yang tepat pada komponen *snubber*, seperti nilai kapasitor dan resistor, dapat mengoptimalkan kinerja rangkaian dan mengurangi risiko kerusakan dan resiko *error* nya pembacaan mikrokontroler terhadap sensor akibat tegangan berlebih. Rangkaian *snubber* dapat ditunjukkan pada **Gambar 2.21**.

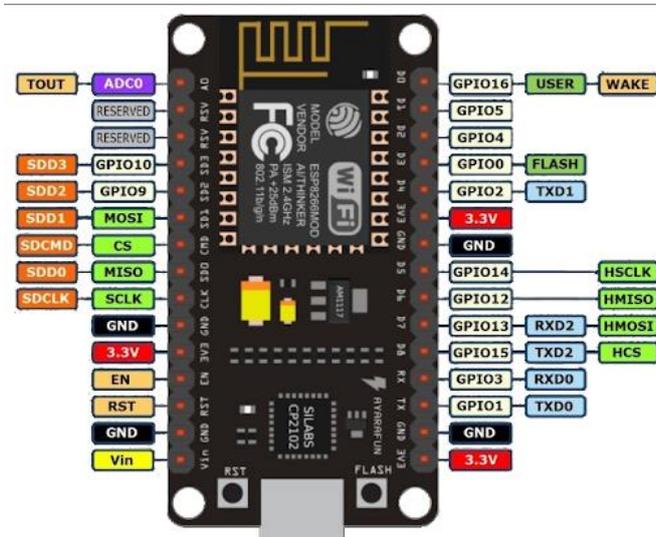


Gambar 2.21 Rangkaian RC Snubber (Pamenang dkk., 2017).

2.13 NodeMCU ESP8266

NodeMCU merupakan papan pengembangan produk *Internet of Things* (IoT) yang berbasis *Firmware* ESP8266-12E. ESP8266 sendiri merupakan *chip WiFi* dengan protokol *stack* TCP/IP yang lengkap. NodeMCU dapat dianalogikan sebagai board Arduino-nya ESP8266. Program ESP8266 sedikit susah karena diperlukan beberapa teknik wiring serta tambahan modul USB to serial untuk mengunduh program. Namun NodeMCU telah *me-package* ESP8266 ke dalam sebuah *board* yang kompak dengan berbagai fitur layaknya mikrokontroler kapabilitas akses terhadap Wi-Fi juga chip komunikasi USB ke serial. Sehingga untuk memprogramnya hanya diperlukan ekstensi kabel data USB persis yang digunakan *charging smartphone*.

Alasan penulis memilih NodeMCU ESP8266 ialah karena mudah diprogram dan memiliki pin I/O yang memadai dan dapat mengakses jaringan *Internet* untuk mengirim atau mengambil data melalui koneksi Wi-Fi Gambar dibawah ini merupakan kaki pin dari NodeMCU ESP8266 (Nadiansyah, 2018). Kkai pin pada NodeMCU ESP8266 dapat dilihat pada **Gambar 2.22**.



Gambar 2.22 Kaki pin NodeMCU ESP8266 (Nadiansyah, 2018).

Berikut ini merupakan tabel penjelasan kaki pin NodeMCU ESP8266.

Tabel 2.6. Kaki pin NodeMCU ESP8266 (Nadiansyah, 2018).

No	Spesifikasi	Keterangan
1.	ADC	Rentang tegangan masukan 0- 1v, dengan skrup nilai digital 0-102
2.	RST	berfungsi mereset modul
3.	EN	Chip Enable, Active High
4.	IO16	GPIO16, dapat digunakan untuk membangunkan chipset dari mode deep sleep
5.	IO14	GPIO14; HSPI_CLK
6.	IO12	GPIO12: HSPI_MISO
7.	IO13	GPIO13; HSPI_MOSI; UART0_CTS
8.	VCC	Catu daya 3,3V (VDD)
9.	CS0	Chip selection
10.	MISO	Slave output, Main input
11.	IO9	GPIO9
12.	IO10	GPIO10
13.	MOSI	Main output slave in
14.	SCLK	Clock
15.	GND	Ground
16.	IO15	GPIO15; MTDO; HSPICS; UART0_RTS
17.	IO2	GPIO2;UART1_TXD
18.	IO0	GPIO0
19.	IO4	GPIO4
20.	IO5	GPIO5
21.	RXD	UART0_RXD; GPIO3
22.	TXD	UART0_TXD; GPIO1

Tabel 2.7 Spesifikasi NodeMCU 8266 (Nadiansyah., 2018).

No	Spesifikasi	Keterangan
1.	Mikrokontroler	ESP8266
2.	Tegangan Input	3,3-5 V
3.	GPIO	17 Pin
4.	Flash Memory	16 MB
5.	RAM	32KB+80KB
6.	Konsumsi Daya	10uA-170Ma
7.	Frekuensi	2.4 GHz-22.5 Ghz
8.	USB Port	Micro USB
9.	Wifi	IEE 802.11 b/g/n
10.	Kanal PWM	10 kanal
11.	USB Chip	CH340G
12.	Clock Speed	40/26/24 MHz

NodeMCU memiliki 17 Pin GPIO yang dapat di integrasikan dengan komponen elektronika lainnya. Bekerja pada tegangan 3,3V-5V, dengan konsumsi daya 10Ua-

170mA. Kecepatan prosesor berkisar 80-160MHZ dan memiliki RAM sebesar 32KB+80KB serta flash memory hingga 16 MB membuat NodeMCU V1 lebih efisien dari versi sebelumnya

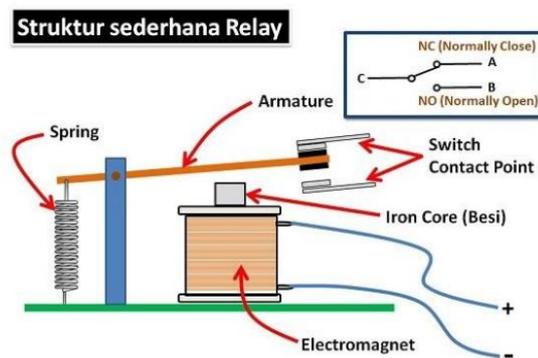
2.14 Relay

Rancangan ini menggunakan penguat yang digunakan untuk mengaktifkan pompa air. Tanpa penguat mikrokontroler tidak dapat menghidupkan pompa karena output mikrokontroler hanya 5V dan arus keluarannya sangat kecil. Rancangan ini menggunakan transistor dan relay untuk menghidupkan pompa. Transistor bekerja sebagai saklar untuk mengalirkan atau memutus arus ke relay. Sedangkan relay itu sendiri bertindak sebagai saklar mekanis yang akan mengalirkan arus AC 220V ke pompa. Relay adalah saklar (*Switch*) yang dapat mengalirkan arus listrik yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen elektromekanik yang terdiri dari 2 bagian utama yaitu elektromagnet dan mekanikal (seperangkat kontak saklar). Untuk menggerakkan kontak saklar, Relay menggunakan prinsip elektromagnetik sehingga arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi (Ratnasari dan Senen, 2017).

Relay yang paling sederhana adalah relay elektromekanis yang dapat berfungsi memberikan pergerakan mekanis saat mendapatkan energi listrik. Relay elektromekanis dapat digunakan gaya elektromekanik untuk menutup (membuka) kontak saklar. Saklar yang digerakkan (secara mekanis) oleh daya/energi listrik. Dalam pemakaiannya biasanya relay yang digerakkan dengan arus DC dilengkapi dengan sebuah dioda yang di terbalik yaitu anoda pada paralel dengan lilitannya dan dipasang. Hal ini tegangan negatif (-) dan katoda bertujuan untuk mengantisipasi sengatan listrik pada tegangan positif (+) berganti posisi dari *on* ke *off* yang terjadi pada saat relay. Struktur relay dapat dilihat pada **Gambar 2.24**.



Gambar 2.23 Relay.



Gambar 2.24 Struktur sederhana relay (Saleh, 2017).

Relay terdiri dari empat komponen utama, yakni *Electromagnet (Coil)*, *Armature*, *Switch Contact Point* (Saklar), dan *Spring* (pegas). *Electromagnet*, atau *coil*, merupakan kabel yang melilit pada logam *ferromagnetik*, berfungsi sebagai magnet buatan yang sifatnya sementara. Ketika lilitan dialiri arus listrik, logam tersebut menjadi magnet, sedangkan saat arus listrik terputus, logam kembali ke keadaan normal. *Armature* adalah tuas logam yang dapat bergerak naik-turun. Ketika magnet ferromagnetik menarik *armature* ke bawah, tuas akan turun, dan ketika sifat kemagnetan hilang, tuas akan kembali ke posisi semula. *Switch Contact Point* terdiri dari *Normally Close* dan *Normally Open*. *Spring*, atau pegas, berfungsi untuk menarik tuas ke atas ketika sifat kemagnetan ferromagnetik menghilang. Aplikasi pemicu rangkaian *relay* melibatkan penggunaan sensor atau rangkaian *timer* untuk mengaktifkan relay pada kondisi tertentu. Bentuk fisik *relay* terdiri dari wadah plastik transparan dan dilengkapi dengan dua kontak tipe *Single Pole Double Throw* (SPDT), yang terdiri dari satu kontak utama dan dua kontak cabang. *Relay* ini dapat beroperasi dengan berbagai jenis tegangan, termasuk DC 6 v, 12v, 24v, dan 48v, serta AC 12v, 24v, 110v, dan 220v. Kontak pada *relay* ini memiliki keterbatasan

dalam mengalirkan arus listrik, dengan kemampuan maksimal kurang dari 5 Ampere (Naibaho *and* Supriyono, 2020).

2.15 Website

Website adalah seperti media buku, namun dalam bentuk digital yang dapat diakses melalui internet. Mereka tidak hanya menyediakan informasi, tetapi juga dapat menjadi tempat untuk menjalankan bisnis online seperti toko. *Website* terdiri dari halaman-halaman yang terhubung dalam satu domain atau subdomain di *World Wide Web*. Setiap halaman *web* ditulis dalam format HTML dan dapat diakses melalui protokol HTTP menggunakan *web browser*. Kumpulan *website* membentuk jaringan informasi besar yang dapat diakses oleh pengguna internet. Halaman-halaman *website* dapat diakses melalui URL, yang sering kali mengacu pada halaman depan atau *homepage*. URL ini mengatur halaman-halaman *website* dalam struktur hierarki, sementara *hyperlink* menghubungkan halaman-halaman tersebut dan memberi arahan kepada pengguna tentang bagaimana navigasi dan aliran informasi diatur. Beberapa *website* memerlukan langganan atau pendaftaran agar pengguna dapat mengakses konten penuhnya. PHP singkatan dari Personal *HomePage*, adalah bahasa pemrograman standar yang digunakan dalam pengembangan *website*. PHP memungkinkan penulis untuk menyematkan *script* di dalam *server web*, memproses informasi, dan menghasilkan halaman dinamis untuk ditampilkan kepada pengguna. pada *server* yang hasilnya dapat ditampilkan pada klien. *Interpreter* PHP dalam mengeksekusi kode PHP pada sisi *server* disebut *server side*, berbeda dengan mesin *maya Java* yang mengeksekusi program pada sisi klien (Triamarsyah dan Arafat, 2017).

Sebuah situs *web* adalah kumpulan halaman web yang biasanya terhubung dengan nama domain atau subdomain di *World Wide Web* (WWW) di Internet. WWW adalah keseluruhan situs web yang dapat diakses oleh publik. Halaman-halaman situs web diakses melalui URL yang merupakan "akar" atau root, yang biasanya disebut sebagai *homepage* atau halaman utama. Halaman *homepage* ini sering diterjemahkan sebagai "beranda" atau "halaman depan", dan biasanya disimpan

dalam *server* yang sama. Namun, tidak semua situs web dapat diakses secara gratis. *Web Server* adalah perangkat lunak yang memberikan layanan berbasis data dan bertugas menerima permintaan dari klien melalui protokol HTTP atau HTTPS. Klien ini biasanya dikenal sebagai *web browser* seperti *Mozilla Firefox* atau *Google Chrome*. *Web Server* kemudian mengirimkan kembali hasilnya dalam bentuk halaman web yang umumnya ditulis dalam format dokumen HTML. Fungsi utama dari *Server* atau *Web Server* adalah mentransfer berkas yang diminta oleh pengguna melalui protokol komunikasi yang telah ditetapkan. Halaman web yang diminta dapat terdiri dari berbagai jenis berkas seperti teks, video, gambar, dan file lainnya. Pemanfaatan *Web Server* ini bertujuan untuk mentransfer seluruh elemen yang ada dalam halaman *web*, termasuk teks, video, gambar, dan sebagainya (Triamarsyah dan 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 Desember 2023 dengan rencana selesai pada bulan Juli 2024.

3.2 Alat Dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada **Tabel 3.1** sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Alat-alat Penelitian.

No	Nama	Fungsi
1.	Laptop PC	Untuk membuat program pada <i>software arduino IDE</i>
2.	Multimeter	Untuk mengukur Tegangan, arus dan resistansi
3.	Solder	Untuk memasang komponen elektronika yang digunakan
4.	Papan PCB	Untuk membuat papan rangkaian alat penelitian
5.	Peralatan Kerja Lainnya	Sebagai pendukung dalam pembuatan alat, seperti obeng, kabel, bor, dll.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2 Bahan-bahan penelitian:

No	Nama	Fungsi
1.	Pompa Air	sebagai penguat laju aliran pada sistem jaringan perpipaan, menggunakan tenaga secara listrik untuk mendorong air yang dipindahkan terus menerus.
2.	LCD Karakter 16x2	Untuk menampilkan data hasil pengukuran.
3.	Modul ESP8266	Untuk mengirim data sensor ke database website dan aplikasi
4.	Module converter	Mengubah tegangan menjadi arus.
5.	Relay	Sebagai saklar ON/OFF pada <i>solenoid Valve</i> dan kipas.
6.	Water Box	Untuk tempat penampungan air.
7.	Selang	Digunakan sebagai media aliran air.
8.	Timah	Untuk perekat pada rangkaian.
9.	Solenoid Valve	Untuk mendistribusikan air.
10.	Steker	Digunakan untuk menyalurkan energi listrik 220V.
11.	Pipa pvc	Untuk mengalirkan air.
12.	Sensor <i>flow</i>	untuk mengukur jumlah atau laju aliran suatu <i>fluida</i> yang mengalir dalam pipa atau sambungan terbuka.
13.	Tanaman cabai	Media objek tanaman.
14.	Kipas/fan	Untuk mengontrol suhu udara
15.	Polybag	Digunakan sebagai tempat dari media tanam.

Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3.3 Perangkat lunak pada penelitian.

No	Nama	Fungsi
1.	<i>Arduino IDE</i>	Untuk membuat program yang akan dijalankan pada papan <i>Arduino</i> .
2.	<i>Fritzing</i>	Untuk membuat desain skema dan <i>layout</i> rangkaian.
3.	<i>Microsoft Office Word 2019</i>	Untuk menulis laporan penelitian, membuat diagram alir, dan diagram blok.
4.	PHP	Mengambil data dari <i>database</i> dan menampilkannya dalam bentuk <i>grafik</i> atau tampilan <i>web</i> yang interaktif.
5.	<i>Mobile APPS</i>	Digunakan untuk mengontrol data seperti suhu, PH tanah, kelembaban dan kadar air di media tanam dan untuk memonitoring dari jarak jauh.
6.	<i>File Zilla</i>	Digunakan untuk mentransfer <i>file</i> atau <i>skrip PHP</i> yang dikembangkan ke <i>server</i> yang akan digunakan untuk mengolah data suhu dan kelembaban.
7.	<i>Mendeley</i>	Digunakan untuk memberikan sitasi dan membuat daftar Pustaka secara otomatis.
8.	Xampp	Mengumpulkan data dari berbagai sensor dan perangkat IoT yang terhubung.
9.	Visual Studio code	Mengembangkan perangkat IoT dan aplikasi yang terhubung ke cloud secara langsung dari VSCode.

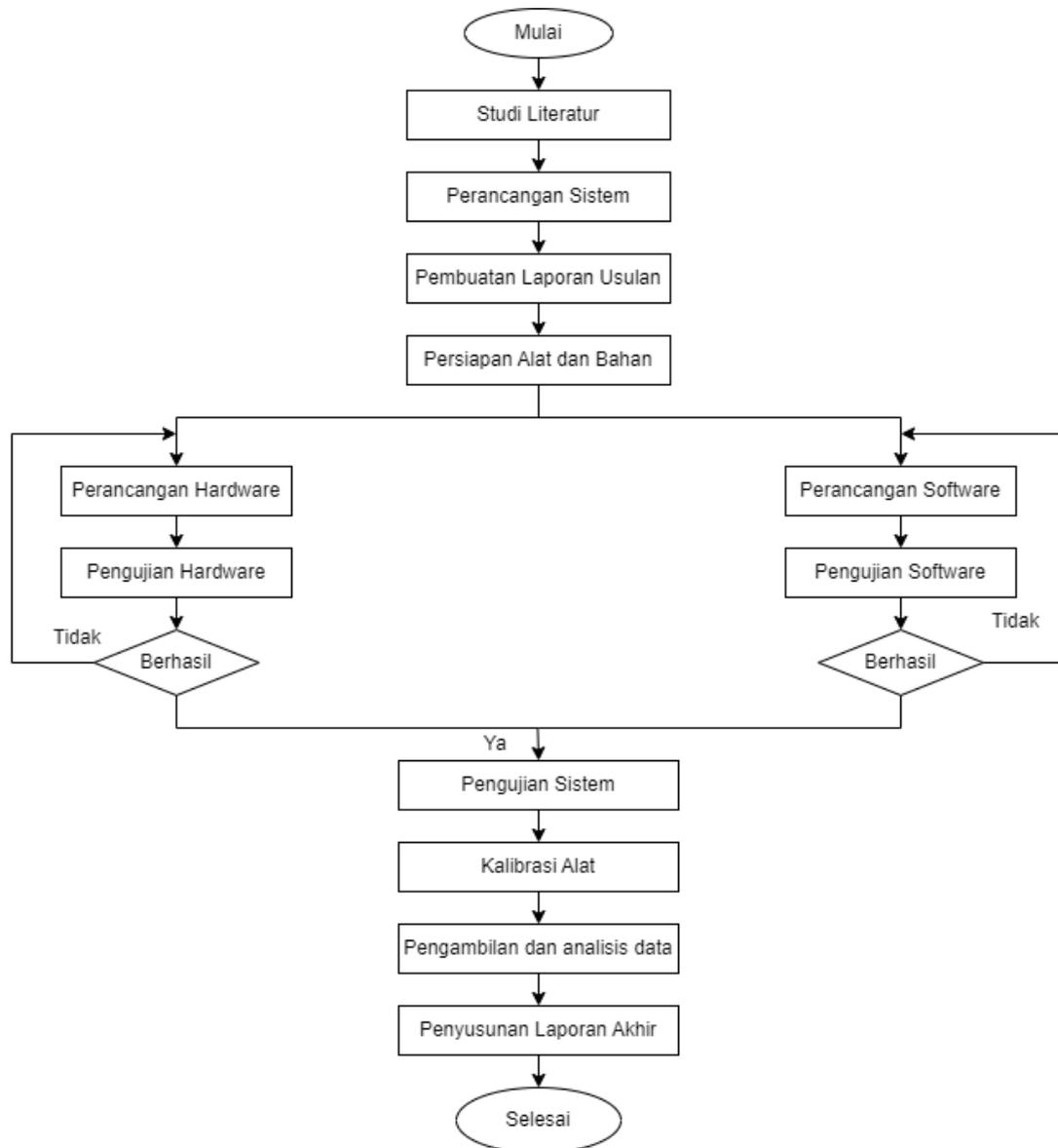
3.3 Metode Penelitian

Terkait dengan metode penelitian, mempersembahkan suatu pendekatan holistik yang menggabungkan metode studi literatur, perancangan *hardware*, perancangan software dan observasi langsung. Dalam upaya merangkai pemahaman mendalam, menyajikan serangkaian langkah metodologis yang mencerminkan integrasi sinergis antara analisis literatur, konstruksi rangkaian *hardware*, dan pengembangan program perangkat lunak sekaligus observasi langsung di lapangan. Dalam merangkai landasan teoritis mempelajari studi literatur terdahulu. Melalui telaah pustaka yang cermat, mengeksplorasi kerangka konseptual, teori-teori terkait, dan penemuan-penemuan terdahulu yang membentuk dasar untuk

pemahaman. Dengan mengintegrasikan pandangan-pandangan yang beragam, penelitian literatur bertujuan untuk memberikan fondasi yang kokoh bagi penyelidikan lebih lanjut, sambil membuka peluang untuk menemukan celah pengetahuan dan memberikan kontribusi baru dalam ranah ini. Metodologi teori menggunakan tiga metode utama yaitu perancangan *hardware*, perancangan *software*, dan observasi langsung. Dalam perancangan *hardware*, fokus pada pembuatan rangkaian yang inovatif dan efisien, memanfaatkan prinsip-prinsip teknik elektronika untuk mencapai tujuan penelitian penulis. Seiring itu, menggabungkan metode perancangan *software*, yang melibatkan pengembangan program dengan keahlian terkini untuk memastikan integrasi yang mulus antara *hardware* dan *software*.

Sementara itu, observasi langsung menjadi elemen penting dalam penelitian ini. penulis secara aktif terlibat dalam pemantauan langsung di lokasi penelitian yaitu *greenhouse* yang terdapat di jurusan fisika universitas lampung, pengamatan, dan analisis terhadap hasil implementasi perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dirancang serta mengamati perkembangan tanaman cabai. Dengan menggabungkan ketiga pendekatan ini, penulis berharap dapat memberikan pandangan yang komprehensif dan mendalam terhadap aspek teknis yang diperlukan dalam mencapai tujuan penelitian penulis. Melalui pendekatan ini, penulis bertujuan untuk menggambarkan secara komprehensif landasan teoritis, implementasi teknis, dan kontribusi inovatif yang dapat penulis bawa ke dalam penelitian ini. Rincian langkah langkah dalam proses pembuatan perangkat diperlihatkan pada **Gambar 3.1**.

3.4 Diagram Alir Penelitian



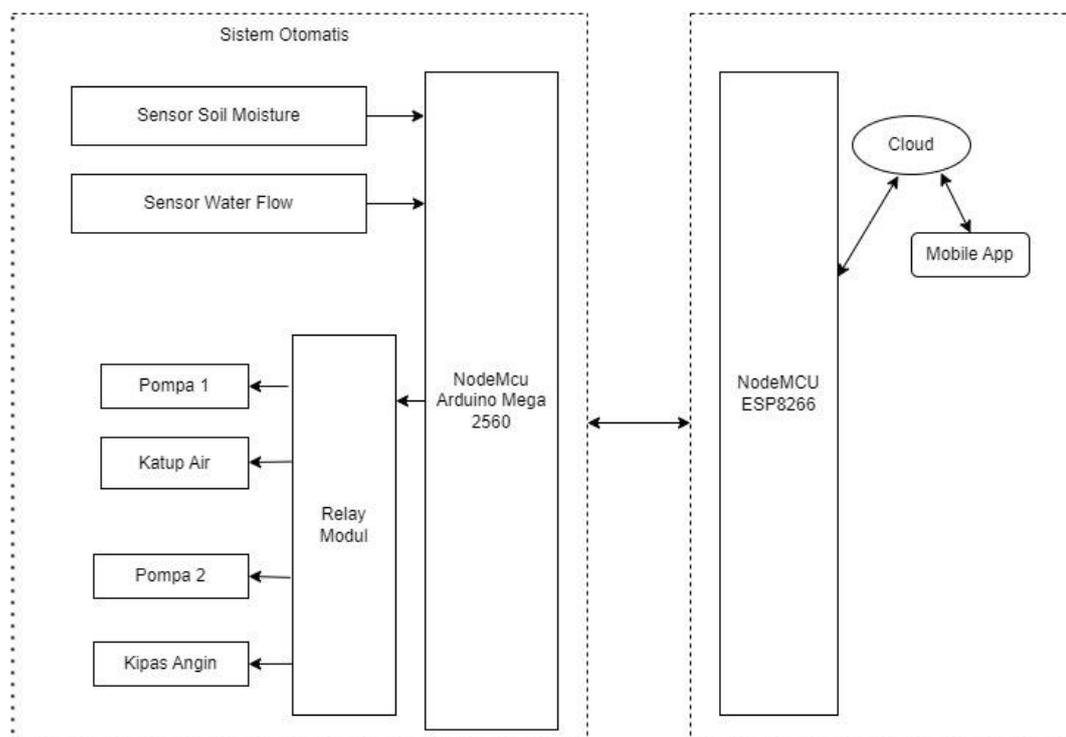
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.

Dari **Gambar 3.1** dapat dilihat bahwa, desain pembuatan alat penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things* dengan pengukuran kelembaban tanah dan perhitungan debit air dimulai dengan studi literatur mengenai alat monitoring penyiraman otomatis agar dapat menambah wawasan mengenai alat tersebut dan dapat mempermudah dalam merancang dan memprogram. Kemudian, perancangan sistem yaitu dengan membuat rangkaian (*hardware*) terlebih dahulu, lalu membuat program (*software*) pada Arduino Ide untuk menjalankan alat sesuai dengan yang diinginkan nantinya. Setelah itu, melakukan pengujian berhasil sesuai dengan

yang diharapkan, selanjutnya merakit alat secara keseluruhan yaitu dengan memasang rangkaian penyiraman tanaman otomatis menggunakan Arduino Mega2560 menjadi kesatuan yang siap digunakan. Kemudian menguji sistem penyiram tanaman otomatis menggunakan arduino uno, pada saat pengujian dibagi menjadi dua bagian yaitu: pengujian sistem dan akurasi sistem supaya dari hasil pengujian akan diketahui apakah perangkat keras yang dirancang telah layak digunakan atau belum. Jika belum akan dilakukan perbaikan sampai mencapai akurasi yang diinginkan.

3.5 Diagram Blok Perancangan Perangkat Keras Sistem.

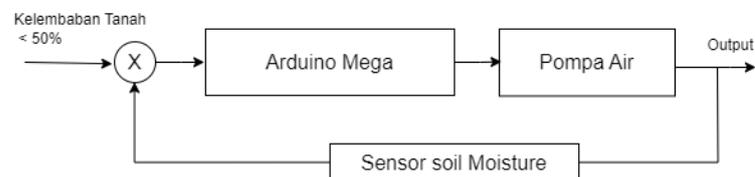
Di bawah ini adalah gambar diagram blok sistem ditunjukkan pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.2 Diagram blok perancangan alat.

Perancangan alat berupa alat penyiraman cabai secara otomatis ini berbasis Arduino Mega2560 dengan menggunakan sensor kelembaban tanah dan sensor flowmeter. Pada alat ini memiliki empat input yaitu, *Soil humidity sensor*, *flowmeter sensor* dan memiliki satu aktuator yaitu pompa air.

Sistem kendali pompa air berbasis kelembaban tanah menggunakan sensor *soil moisture* dirancang untuk memberikan solusi dalam penyiraman tanaman. Sensor *soil moisture* berfungsi sebagai input utama, mengukur tingkat kelembaban tanah dan mengirimkan sinyal listrik ke unit pemrosesan mikrokontroler Arduino Mega 2560. Unit pemrosesan memproses nilai kelembaban tanah dan, jika nilai tersebut turun di bawah ambang batas, menghasilkan keputusan untuk menghidupkan pompa air. Diagram blok pengendalian sensor *soil moisture* dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.

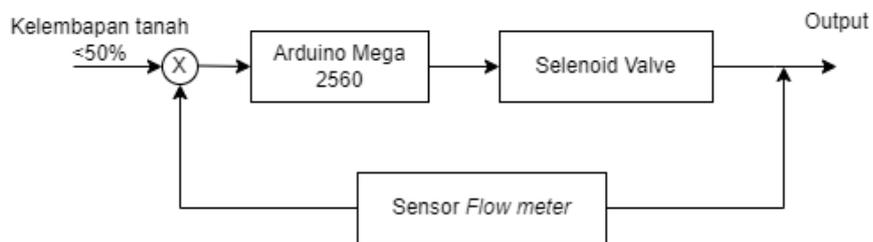


Gambar 3.3 Diagram blok pengendalian *sensor soil moisture*.

Pada **Gambar 3.3** dapat dijelaskan bahwa sensor kelembaban tanah berbasis kapasitif (*capacitive soil moisture sensor*) digunakan untuk mengukur tingkat kelembaban tanah pada tanaman. Ketika sensor mendeteksi nilai kelembaban tanah yang kurang dari atau sama dengan 50%, sistem akan menyalakan pompa air sebagai responnya. Sebaliknya, ketika nilai kelembaban tanah melebihi 50%, sistem akan mematikan pompa air. Sensor kelembaban tanah berbasis kapasitif ini berfungsi sebagai input utama yang memberikan informasi untuk mengambil keputusan otomatis dalam mengendalikan penyiraman tanaman. Dengan demikian, sistem ini dirancang untuk secara cerdas mengelola penyiraman berdasarkan keadaan aktual kelembaban tanah.

Sensor kelembaban tanah dalam pengendalian pompa air memberikan kemampuan untuk menjalankan operasi pompa air dengan mengirim data kelembaban tanah. Dengan menggunakan Arduino Mega 2560, sistem ini dapat diatur untuk menghidupkan pompa air pada nilai kelembaban tanah yang telah ditentukan, yakni jika tanah mengalami kekurangan air maka pompa akan dihidupkan pukul 7.00 atau pukul 16.00 sore. Sistem ini memberikan keunggulan dalam penggunaan air, memastikan tanaman mendapatkan pasokan air yang cukup pada saat-saat krusial

dalam siklus harian. Diagram blok pengendalian *sensor soil moisture capacitive*. Dapat dilihat Pada **Gambar 3.4**.



Gambar 3.4 Diagram blok pengendalian *sensor flowmeter*.

Pada **Gambar 3.4**, dijelaskan bahwa sensor *flowmeter* untuk menghitung jumlah debit air yang mengalir ketika pompa di hidupkan. Pada saat kelembapan tanah dibawah 50% maka pompa air akan di nyalakan untuk melakukan penyiraman pada tanaman cabai, sistem akan berhenti jika kelembapan tanah sudah di 70% maka pompa air akan berhenti menggunakan sistem *mobile apps*.

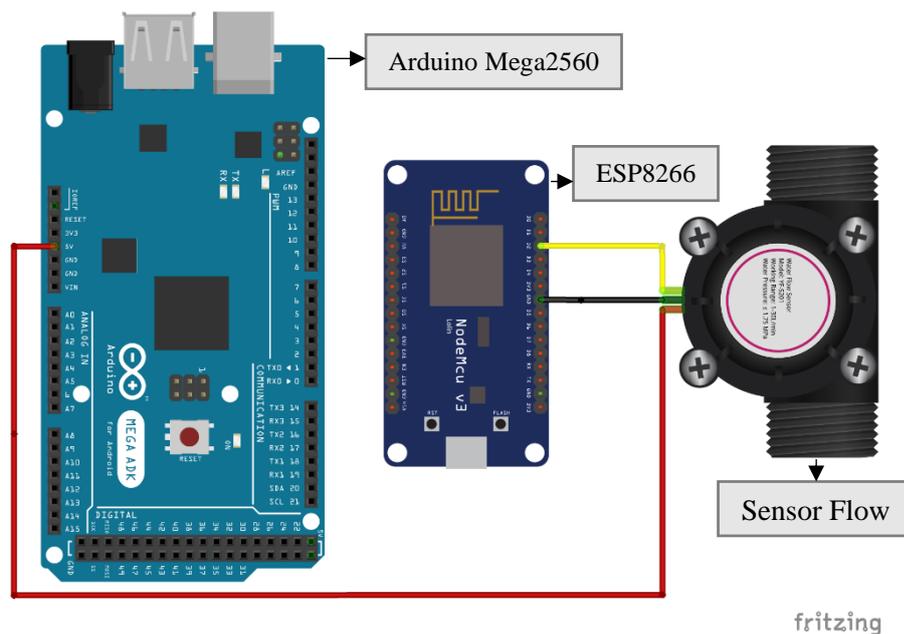
3.6 Perancangan Sistem

Perancangan sistem dimulai dengan tahap perancangan *hardware*, di mana komponen fisik seperti sensor, *mikrokontroler*, dan perangkat lainnya diintegrasikan, sementara pengujian *hardware* memastikan kinerja yang baik dan konektivitas yang lancar. Setelah itu, perancangan *software* memerlukan penulisan kode yang diperlukan untuk mengendalikan perangkat keras dan memproses data sesuai dengan tujuan sistem. Pengujian *software* kemudian memastikan bahwa perangkat lunak berjalan sesuai harapan, dengan pengujian unit, integrasi, dan fungsional untuk mendeteksi dan memperbaiki kesalahan. Seluruh proses ini merupakan langkah kunci dalam pengembangan sistem yang efisien dan dapat diandalkan, memungkinkan hasil akhir yang sesuai dengan kebutuhan dan tujuan yang telah ditetapkan. Sinergi antara perancang *hardware* dan *software* berperan penting dalam kesuksesan keseluruhan proyek pengembangan sistem.

3.6.1 Perancangan *Hardware*

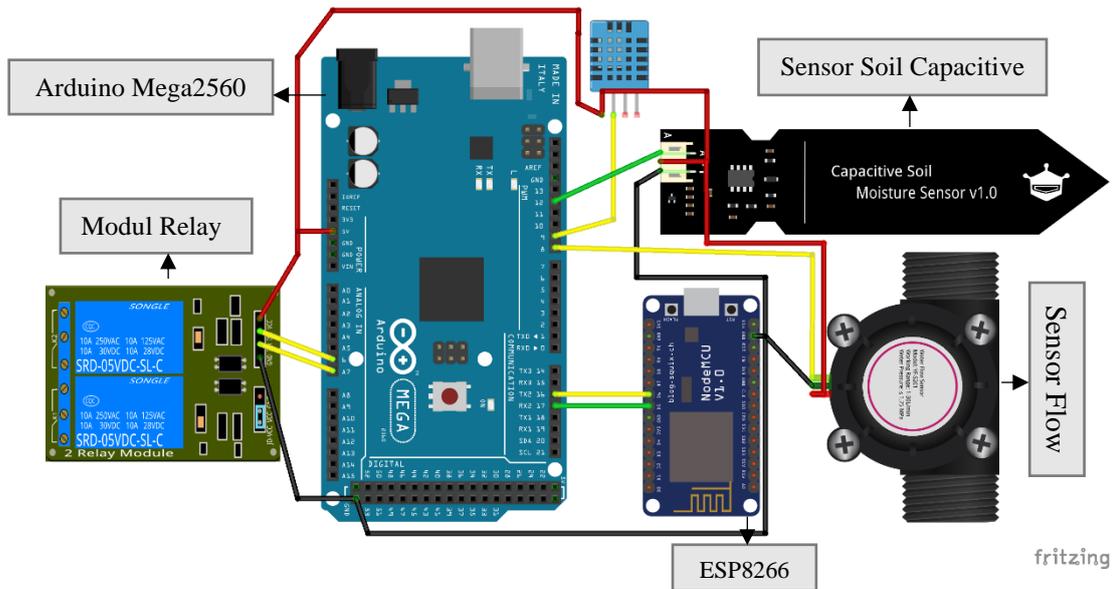
Arduino Mega 2560 bertindak sebagai inti dari sistem dan berperan sebagai pemrosesan utama yang mengkoordinasikan semua operasi sensor dan aktuator. berfungsi sebagai antarmuka untuk komunikasi dan koordinasi antara komponen lainnya dalam sistem. *Arduino Mega* mengambil data dari sensor *water flow* dan sensor suhu, mengendalikan relay yang mengaktifkan atau mematikan pompa penyiraman, serta mengintegrasikan modul ESP8266 (NodeMCU) untuk mengirim data ke database Penyimpanan dan menerima instruksi dari pengguna. Modul ESP8266 memiliki peran dalam menghubungkan sistem dengan Internet. Dengan koneksi WiFi, ESP8266 memungkinkan sistem untuk terhubung ke database penyimpanan, sehingga pengguna dapat memantau dan mengendalikan sistem penyiraman melalui perangkat seluler dari jarak jauh, juga bertindak sebagai antarmuka antara aplikasi yang akan digunakan, memastikan bahwa data sensor dapat diakses secara online.

Flowmeter digunakan untuk mengukur jumlah liter air yang mengalir pada saat penyiraman. Fungsi utama sensor *flowmeter* adalah untuk mengukur aliran air yang digunakan dalam proses penyiraman. Membantu dalam menghitung dan memantau konsumsi air selama proses penyiraman. Dengan data ini, sistem dapat melakukan perhitungan terkait dengan pemakaian air dan memastikan bahwa penyiraman berjalan sesuai dengan kebutuhan tanaman. Sensor *flowmeter* terhubung ke pin 8 pada Arduino Mega. Dapat dilihat pada **Gambar 3.5**.



Gambar 3. 5 Arduino Mega2560, ESP8266 & Sensor *flowmeter*.

Pada **Gambar 3.5** sensor kelembaban tanah yang terhubung ke pin 8 pada Arduino Mega memiliki peran penting dalam sistem irigasi otomatis. Perancangan sistem dari blok diagram disesuaikan dengan fungsi-fungsi yang harus dilakukan oleh masing-masing sub blok. Sebagai contoh, *solenoid valve* bertindak sebagai pengontrol *on/off* air dan juga berfungsi sebagai keran air untuk pengguna dengan dilengkapi *switch on/off*. Bagian sensor *flowmeter* digunakan untuk mengukur debit dan biaya air dengan mendeteksi aliran air berdasarkan kondisi logika yang tersimpan pada program *Arduino Mega*, seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini. Sensor ini berfungsi untuk mengukur kelembaban tanah di sekitar tanaman, yang merupakan parameter kunci untuk memantau kondisi tanaman dan memutuskan kapan harus melakukan penyiraman. Sensor soil moisture menggunakan metode resistansi tanah untuk mengukur tingkat kelembaban. Ketika tanah lebih kering, resistansi meningkat, sedangkan saat tanah lebih basah, resistansi menurun. Dapat dilihat pada **Gambar 3.6**.



Gambar 3. Skematik rangkaian monitoring keseluruhan.

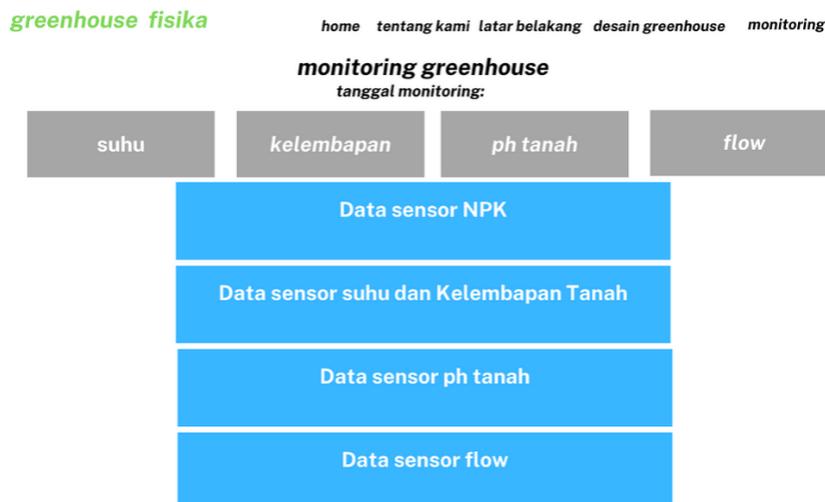
Pada **Gambar 3.7** menampilkan skematik keseluruhan rangkaian yang akan diimplementasikan dalam proyek ini. **Tabel 3.4** memberikan detail koneksi antara pin-pin Arduino Mega dan NodeMCU Esp8266 yang akan digunakan dalam sistem. Pin TX2 dan RX2 pada Arduino Mega terhubung ke GPIO 17 dan GPIO 16 pada NodeMCU ESP8266, bertugas untuk mengirim dan menerima data antara keduanya. Pin D6 terhubung ke sensor *flowmeter* untuk menerima sinyal PWM yang memberikan informasi mengenai debit air. Pin D12 terhubung ke sensor *soil moisture* untuk mengirimkan hasil pembacaan kelembaban tanah. Relay menggunakan pin A6 dan A7 pada Arduino Mega untuk mengontrol daya pompa. Keseluruhan skema dan koneksi ini membentuk basis yang kuat untuk pengendalian pompa air dan pemantauan kondisi tanah melalui integrasi Arduino Mega dan NodeMCU ESP8266.

Tabel 3.4 Pin-pin Arduino Mega dan NodeMCU ESP8266 yang digunakan.

Pin	Koneksi	Fungsi
TX2 16	GPIO 17 (ESP 8266)	Mengirim data ke ESP8266
RX2 17	GPIO 16 (ESP 8266)	Menerima data dari ESP8266
D6	Sensor Flow Meter	Menerima Sinyal PWM Informasi Debit air.
D12	Sensor Soil Moisture	Mengirimkan hasil pembacaan kelembaban tanah
A6	Relay Pin 1	Menghidupkan Pompa
A7	Relay Pin 2	Menghidupkan Pompa
A5	RTC Pin SCL	Menentukan kecepatan Transfer dan menentukan kapan untuk mengirim data dari RTC ke arduino
A4	RTC Pin SDA	Mengirim data Waktu dari RTC ke Arduino Mega
VIN	DC (+)	Input VCC 5V
GND	DC (-)	Input Ground

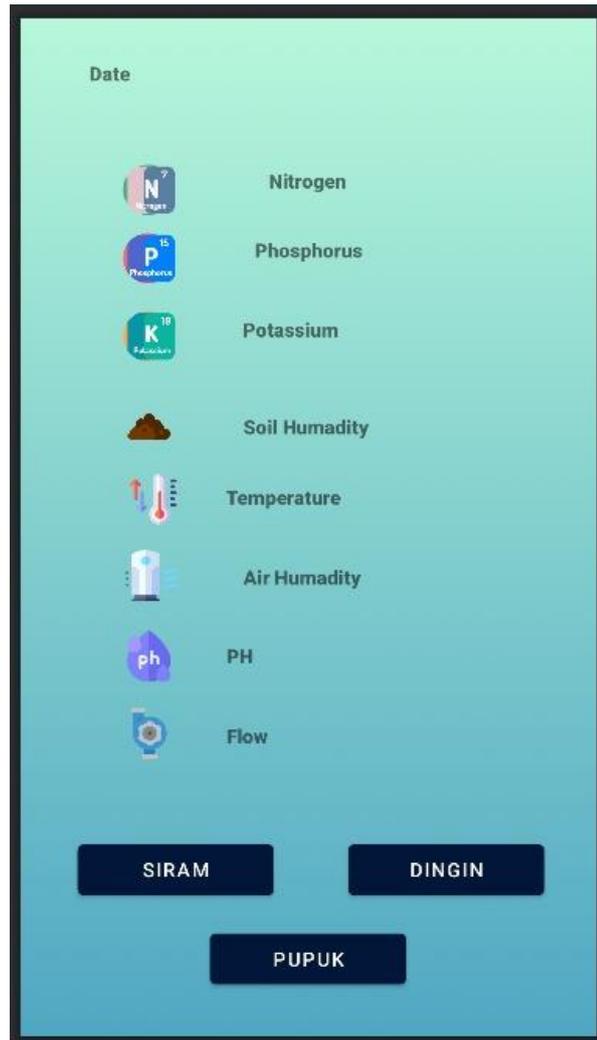
3.6.2 Perancangan *Software*

Perancangan *software* suatu proses yang kompleks dalam pengembangan perangkat lunak yang terdiri dari dua komponen utama: halaman web dan aplikasi. Halaman web memerlukan tampilan yang menarik dan responsif, serta navigasi yang mudah digunakan, memungkinkan pengguna untuk mencari informasi dengan mudah dan cepat, serta menampilkan konten dinamis seperti nilai sensor suhu, kelembaban dan status sistem kendali pompa Air.



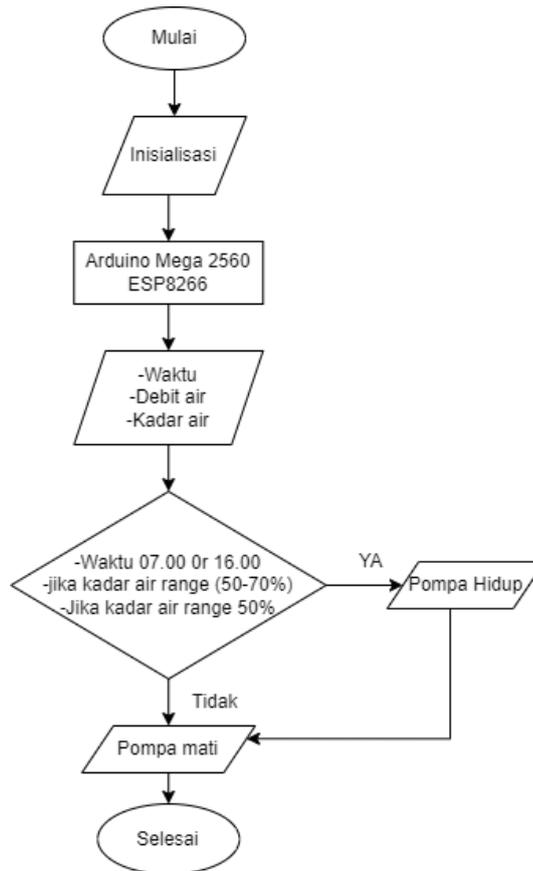
Gambar 3. 7 Desain tampilan *website*.

Desain tampilan *web* pada **Gambar 3.7** merupakan antarmuka yang memfasilitasi pengguna untuk memantau suhu dan kelembaban tanah di dalam sebuah *greenhouse*, memberikan kemampuan untuk mengendalikan pompa air secara jarak jauh. Tampilan ini memudahkan pengguna untuk mengamati perubahan suhu dalam *greenhouse*. Informasi suhu ini memungkinkan pengguna untuk mengambil tindakan korektif, seperti mengaktifkan atau menonaktifkan peralatan pendingin atau pemanas, sesuai dengan kebutuhan. Di samping itu, tampilan juga menampilkan status kelembaban tanah, yang penting untuk pemahaman kondisi tanah dan manajemen penyiraman tanaman. Melalui grafik atau nilai aktual, pengguna dapat memantau tingkat kelembaban tanah dan menyesuaikan kebijakan penyiraman dengan lebih tepat. Terlebih lagi, tampilan *web* ini menyediakan tombol *on/off* yang memungkinkan pengguna untuk mengendalikan pompa air dari jarak jauh, memastikan pasokan air yang efisien ke tanaman, terutama saat cuaca berubah tanpa peringatan. Keseluruhannya, tampilan *web* ini dirancang untuk memberikan akses cepat dan mudah serta memastikan pemantauan dan pengelolaan yang efektif dalam lingkungan *greenhouse*, membantu pemilik atau pengelola *greenhouse* dalam mengoptimalkan pertumbuhan tanaman dan mengurangi risiko kerusakan akibat fluktuasi lingkungan.



Gambar 3.8 Desain aplikasi.

Aplikasi "*Greenhouse*" pada **Gambar 3.8** merupakan perangkat lunak yang memungkinkan pengguna untuk mengakses dan mengelola semua informasi terkait *greenhouse* dari perangkat *seluler Android*. Tampilan aplikasi ini memberikan tampilan yang intuitif dan mudah digunakan untuk memonitor dan mengontrol lingkungan pertumbuhan tanaman serta sistem pengendalian pompa secara Internet.



Gambar 3.9 Flowchart cara kerja alat.

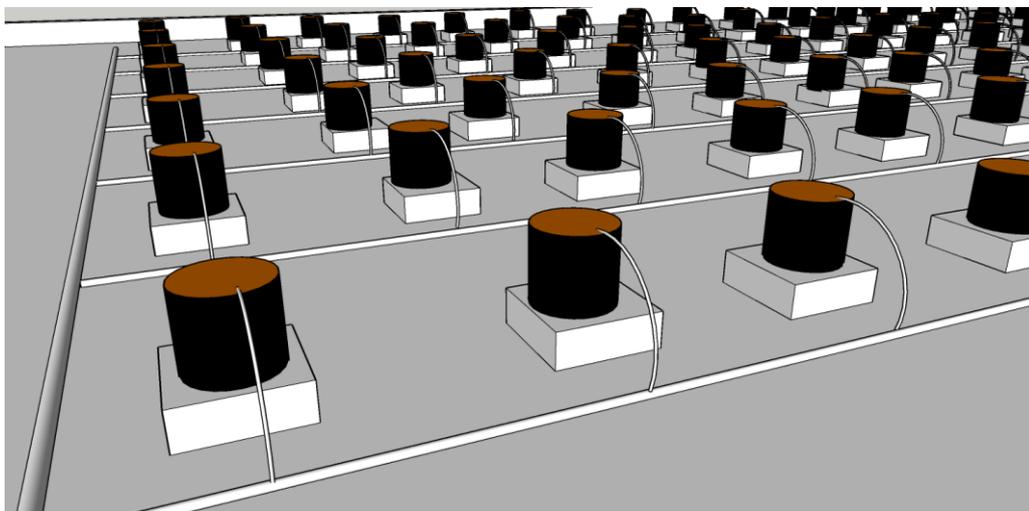
Pada **Gambar 3.9** dimulai dengan inisialisasi, sensor *flowmeter* dan sensor kelembaban tanah (*Soil Moisture*). Setelah inisialisasi, sensor-sensor ini mulai membaca data yang terkait dengan waktu, debit air dan kelembaban tanah. Data yang terbaca oleh sensor kemudian diproses oleh Arduino Mega untuk menghasilkan *output* berupa informasi waktu, debit air dan kadar air yang siap dikirim. Selanjutnya, data yang telah diproses oleh Arduino Mega dikirim melalui komunikasi serial ke ESP8266. ESP8266 bertindak sebagai perantara antara Arduino Mega dan halaman web yang bertujuan menampilkan data sensor. Halaman *web* akan menampilkan informasi yang telah diproses, mencakup waktu, debit air dan kadar air tanah.

Selain menampilkan data, sistem ini juga memiliki kontrol pada pompa air. Selain itu, jika sensor kelembaban tanah mendeteksi kadar air kurang dari 50%, pompa akan diaktifkan untuk menyuplai air ke tanaman. Ini memastikan bahwa tanaman

mendapatkan pasokan air yang cukup sesuai dengan waktu dan kebutuhan, Jika Kelembapan tanah pada range nilai 50-70% maka pompa mati (Setiawan, 2019).

3.6.3 Desain Rancangan Irigasi

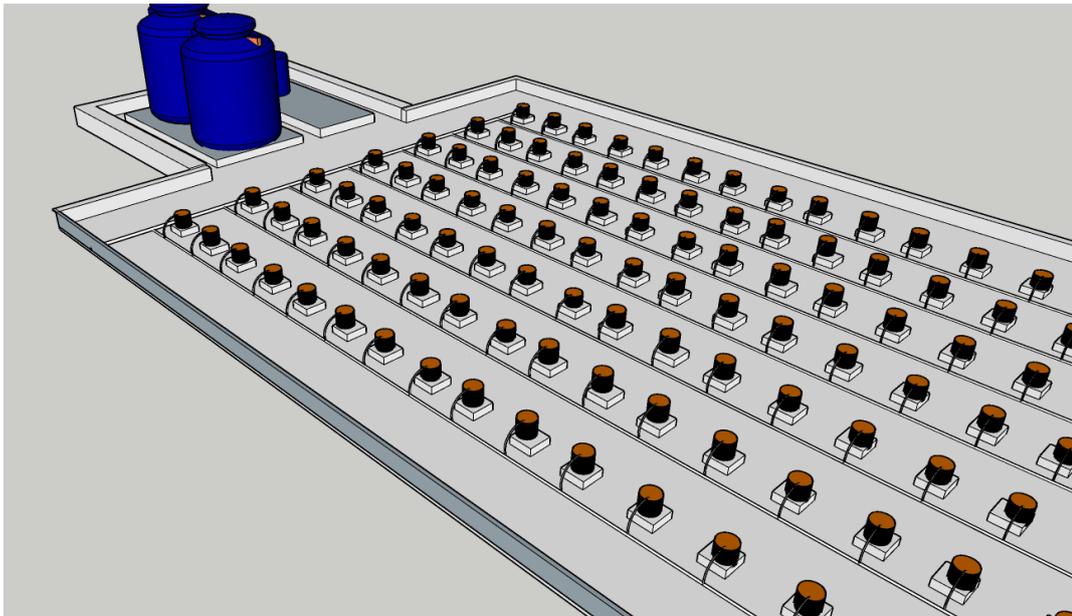
Sistem irigasi yang dirancang menggunakan pipa paralon utama berukuran $3/4$ inch adalah solusi yang efisien untuk memberikan penyiraman yang merata dan tuntas untuk tanaman. Pipa paralon utama bertindak sebagai saluran pengumpulan utama yang mengangkut air dari sumber air ke area yang akan disiram. Ukuran yang dipilih ($3/4$ inch) cukup besar untuk mengangkut volume air yang memadai untuk penyiraman tanaman secara merata. Pipa paralon utama dibagi menjadi 7 bagian saluran yang berfungsi sebagai cabang utama. Setiap saluran air ini dirancang untuk menyediakan air kepada sejumlah tanaman yang tersebar di area tersebut. Dengan cara ini, sistem irigasi ini mampu mengalirkan air secara efisien ke setiap pot tanaman pada **Gambar 3.10**.



Gambar 3.10 Saluran air penyiraman tetes.

Pada setiap saluran air, terdapat 15 cabang selang kecil yang mengarah ke pot tanaman. Hal ini memungkinkan untuk mendistribusikan air ke setiap pot tanaman secara langsung dan presisi. Masing-masing cabang selang kecil dapat dengan mudah diarahkan dan ditempatkan sesuai dengan kebutuhan tanaman, sehingga setiap tanaman mendapatkan penyiraman yang sesuai dengan kebutuhannya.

Pentingnya penggunaan pompa dengan tekanan tinggi dalam sistem ini tidak dapat diabaikan. Pompa dengan tekanan tinggi memastikan bahwa air dapat dialirkan dengan kuat melalui selang kecil hingga mencapai setiap pot tanaman. Ini adalah faktor kunci dalam memastikan penyiraman yang tuntas dan merata untuk semua tanaman, terutama jika jarak antar pot tanaman cukup jauh pada **Gambar 3.11**.



Gambar 3.11 Desain irigasi penyiraman otomatis.

Sistem irigasi ini dirancang untuk mengoptimalkan perawatan tanaman cabai. Dengan berfungsinya sistem ini, tanaman akan mendapatkan penyiraman yang tepat waktu dan konsisten. Selain itu, sistem ini juga dapat membantu dalam menghemat waktu dan tenaga yang diperlukan untuk penyiraman manual, sehingga sangat cocok untuk perkebunan atau taman yang luas. Pengukuran kelembapan tanah dan pengukuran aliran debit air menggunakan sensor *flowmeter*. Pengujian dimulai dengan mengukur akurasi sensor *flowmeter*, yang berfungsi untuk menghitung debit jumlah air yang keluar dari sistem penyiraman. Tujuannya adalah memeriksa sejauh mana perangkat mampu mengukur debit air dengan tepat. Data yang dihasilkan oleh sensor *flowmeter* dibandingkan dengan nilai yang sebenarnya atau patokan yang sudah ditentukan untuk mengevaluasi tingkat ketepatan pengukuran. Selain itu, pengujian juga mencakup pengujian penyiraman dengan mengaktifkan pompa melalui *relay*. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem penyiraman mampu melakukan penyiraman sesuai data kelembapan tanah

yang sudah terukur oleh sensor *soil moisture cappacitive* yang telah ditentukan, serta mampu menghentikan penyiraman ketika kelembapan sudah tercukupi. Pengujian ini adalah langkah penting dalam memastikan bahwa sistem dapat beroperasi sesuai dengan tujuannya, mengoptimalkan kondisi tumbuhan dan mengukur debit air yang diperlukan dengan akurat.

3.7 Pengujian Kalibrasi dan Akurasi Sensor.

Pengujian alat merupakan tahap penting dalam memastikan kinerja sistem irigasi, pengukuran *sensor soil moisture capacitive* dan *Sensor flowmeter*. Pengujian dimulai dengan mengukur akurasi sensor *flowmeter*, yang berfungsi untuk menghitung debit jumlah air yang keluar dari sistem penyiraman. Tujuannya adalah memeriksa sejauh mana perangkat mampu mengukur debit air dengan tepat. Data yang dihasilkan oleh sensor *flowmeter* dibandingkan dengan nilai yang sebenarnya atau patokan yang sudah ditentukan untuk mengevaluasi tingkat ketepatan pengukuran. Selain itu, pengujian juga mencakup pengujian penyiraman dengan mengaktifkan pompa melalui *relay* sesuai dengan nilai kelembapan tanah.

Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem irigasi mampu mengikuti jadwal penyiraman yang telah ditentukan, serta mampu menghentikan penyiraman ketika waktu yang telah diatur tiba. Pengujian ini adalah langkah penting dalam memastikan bahwa sistem dapat beroperasi sesuai dengan tujuannya, mengoptimalkan kondisi tumbuhan dan mengukur debit air yang diperlukan dengan akurat.

3.7.1 Pengujian Akurasi Sensor Soil Moisture Capacitive

Pengujian sensor kelembaban tanah bertujuan untuk menilai performa sensor dalam mengukur kelembaban tanah dengan akurasi, dan memeriksa bahwa rangkaian sensor kelembaban tanah berfungsi sesuai dengan program yang telah diprogram. Dalam pengujian ini, kami mengadopsi Metode Standar Amerika (ASM) sebagai acuan untuk mengukur kelembaban tanah (Yudhana dan Putra, 2016). Tujuan kalibrasi adalah untuk memastikan ketepatan hasil pengukuran yang ditampilkan oleh alat ukur dan mempertahankan konsistensi hasil pengukuran dengan sistem satuan internasional.

$$m_a = m_1 - m_2 \quad (3.1)$$

$$k_a = \frac{m_a}{m_2} \times 100\% \quad (3.2)$$

Dengan,

m_1 = Massa tanah basah (g)

m_2 = Massa tanah kering (g)

k_a = Kadar air (%)

m_a = Massa air (g);

Untuk mengkalibrasi sensor kelembaban tanah, langkahnya adalah dengan menyiapkan sampel tanah dengan berbagai tingkat kelembaban, seperti kering, dan basah. Selanjutnya, kelembaban tanah diukur menggunakan sensor kelembaban tanah. Data yang diperoleh dari kedua pengukuran kemudian dibandingkan untuk menentukan nilai kesalahan atau *error*. 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 *Soil Moisture Capacitive*

M.tn Kering(gr)	Penambahan Air(ml)	ADC	Sensor Kelembapan (%)	Metode ASM
100	0			
100	10			
100	25			
100	45			
100	60			
100	75			
100	85			
100	90			
100	100			

3.7.2 Pengujian Akurasi Sensor *Flow Meter*.

Pengujian sensor *flowmeter* merupakan pengujian penting dalam mengevaluasi kinerja perangkat tersebut dalam mengukur debit air. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan data volume air awal sebelum dilakukan penyiraman terhadap pot-pot tanaman yang akan diuji. Terlihat pada **Tabel 3.6** Pengujian sensor *flowmeter*, Pada Kolom pertama mencatat jumlah *Flow Rate* (Mili liter/detik) sebelum aksi penyiraman dimulai, sedangkan kolom kedua mencatat waktu yang diperlukan untuk menghitung aliran air ke pot tanaman. Setelah proses penyiraman selesai, sensor *flowmeter* berperan dalam mengukur debit air yang mengalir dengan satuan Mililiter/detik. Selanjutnya, dilakukan pengukuran kembali terhadap Total Debit Air pada *serial Monitor* (Mililiter/detik) akhir untuk menentukan perbandingan dengan volume awal. Pengumpulan data ini memberikan informasi mengenai akurasi sensor *flowmeter* dalam mengukur debit air. Perbandingan volume air awal dan akhir dapat memberikan gambaran tentang sejauh mana sensor mampu mendeteksi dan merekam perubahan debit air yang terjadi selama penyiraman. Hasil dari pengujian ini diharapkan dapat menjadi dasar untuk evaluasi dan pengembangan lebih lanjut terhadap sensor *flowmeter* berguna mendukung keberlanjutan penggunaannya dalam pengelolaan irigasi tanaman.

Tabel 3.6 Pengujian Kalibrasi Sensor *Water Flow Meter*.

No.	Volume(ml)	Waktu (detik)	Total debit air pada gelas ukur (ml)	Kalibrasi(ml)
1.	50			
2.	100			
3.	150			
4.	200			
5.	250			
6.	300			
7.	350			
8.	400			
9.	450			
10.	500			

$$\% = \frac{NS}{NR} \times 100\% \quad (3.3)$$

dengan, NS adalah nilai sensor diserial monitor (ml/detik) , NR adalah nilai real pada gelas ukur (ml)

(Herwiansya dkk., 2017).

$$\% = \frac{NT-NK}{NT} \times 100\% \quad (3.4)$$

dengan, NT adalah nilai teoritis (ml), NK adalah nilai kalibrasi di serial monitor (ml/detik)

(Daud dkk., 2022).

3.7.3 Pengujian Kalibrasi Sensor Keseluruhan

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. Hasil yang didapatkan rata-rata koreksi dan standar deviasi untuk mengkalibrasi. Standar deviasi dapat dihitung dengan menggunakan formula pada **Persamaan 3.5**.

$$Dx = \frac{X1+X2+X3+\dots}{n} \quad (3.5)$$

Dimana,

Dx = Rata-rata koreksi sensor;

σ = Standar deviasi sensor;

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(\overline{Dx1} - \overline{Dx})^2}{n}} \quad (3.6)$$

σ = Standar Deviasi

Dx = Nilai rata-rata koreksi sensor

n = Jumlah Total Nilai kalibrasi

(Setyawan dkk., 2018)

Dengan menggunakan rumus pada **persamaan 3.6**, Penulis dapat menghitung deviasi standar dari suatu set data. Deviasi standar mengukur sejauh mana setiap nilai dalam sampel menyebar dari rata-rata. Semakin tinggi deviasi standar, semakin besar penyebaran data.

3.7.4 Pengujian *Relay*

Pengujian *Relay* digunakan untuk mengendalikan pompa air dan mengatur aliran air serta pupuk. Dalam sistem ini, *relay* diaktifkan menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) yang terhubung dengan *phpMyAdmin* sebagai basis data. Tujuan dari pengujian *relay* ini adalah untuk mengevaluasi seberapa efektif modul *relay* dalam mengontrol perangkat, dan memastikan kesesuaian antara sistem yang dikendalikan oleh mikrokontroler dengan eksekusi perintah yang diterima melalui sistem IoT yang terintegrasi dengan *phpMyAdmin*. Proses pengujian akan melibatkan berbagai skenario, seperti menghidupkan dan mematikan pompa air pada waktu tertentu, memonitor respons *relay* terhadap perintah yang diberikan,

serta menilai konsistensi dan keandalan *relay* dalam jangka waktu yang telah ditentukan. Selain itu, pengujian juga akan mengevaluasi koneksi antara mikrokontroler dan *phpMyAdmin*, serta respons sistem terhadap instruksi yang diterima dari pengguna melalui antarmuka IoT.

3.7.5 Rancangan Pengujian Web Server

Pengujian *web server* yang akan mengendalikan pompa melalui *switch* dan memonitor suhu serta kelembaban tanah bertujuan untuk memastikan bahwa sistem ini berfungsi dengan efisien dan akurat. Pengujian mencakup aspek penting seperti kemampuan *web server* untuk mengontrol pompa sesuai perintah pengguna, kelembaban tanah dan debit air dengan data yang akurat, serta menguji responsivitas dan antarmuka *web* yang mudah digunakan. Hasil pengujian akan dievaluasi untuk menentukan apakah sistem memenuhi harapan, mengidentifikasi jika ada perbaikan yang diperlukan. Pengujian ini menjadi langkah kunci dalam memastikan sistem pengendalian pompa dan pemantauan penyiraman berfungsi sebagaimana mestinya. Tujuan dari pengujian website adalah untuk memverifikasi apakah situs web yang telah dibuat telah terhubung dengan protokol HTTPS dengan baik, serta terkoneksi dengan basis data dan diproses dengan benar oleh perangkat ESP8266. Data yang dibaca oleh sensor akan dikirimkan oleh ESP8266 ke basis data *MySQL* dan kemudian disambungkan ke program agar nilai-nilai tersebut dapat ditampilkan pada situs *web*. Proses ini akan memungkinkan pengiriman data secara *real-time* oleh ESP8266.

3.7.6 Pengujian rangkaian Keseluruhan

Pengujian mencakup berbagai aspek, mulai dari halaman situs *web* yang telah dibuat, koneksi antara perangkat lunak dan perangkat keras, modul *relay*, hingga program yang mengatur sistem secara keseluruhan. Hal ini dilakukan untuk memverifikasi bahwa semua komponen beroperasi dengan baik. Pengujian rangkaian secara keseluruhan melibatkan beberapa komponen penting, termasuk sensor *flow meter* untuk mengukur aliran air, sensor kelembaban tanah untuk memantau kadar air di tanah, *relay* untuk mengontrol perangkat luar, dan

komunikasi antara Arduino Mega2560 dan ESP8266. Bagian awal dari pengujian akan berfokus pada sensor *flow meter*, yang akan diuji untuk memeriksa akurasi dan konsistensi dalam mengukur aliran air. Pengujian ini juga akan mencakup pemantauan kelembaban tanah di berbagai kondisi lingkungan untuk memastikan sensor kelembaban tanah berfungsi dengan baik dan memberikan data yang tepat. Selanjutnya, komunikasi antara Arduino Mega2560 dan ESP8266 akan diuji untuk memverifikasi interaksi yang lancar di dalam sistem ini. Hasil dari pengujian ini akan digunakan untuk memastikan bahwa seluruh rangkaian beroperasi dengan baik dan memberikan data yang akurat dalam pengendalian pompa serta pemantauan penyiraman.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

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

1. Desain green house untuk media tanam cabai dapat direalisasikan dengan menggunakan sistem IoT di Jurusan Fisika FMIPA Unila.
2. Sistem Pengukuran kelembapan dan perhitungan debit air pada tanaman cabai menggunakan sensor kelembapan dan sensor *flowmeter* dengan dua mikrokontroler yaitu Arduino Mega 2560 dan ESP8266 dapat berjalan dengan baik.
3. Hasil Kalibrasi untuk sensor kelembapan dengan akurasi 94,80 %, error sebesar 5,20% dan hasil kalibrasi sensor *flowmeter* dengan akurasi 97,40%, error sebesar 2,60%.
4. Sistem dapat mengendalikan kadar kelembapan tanah pada tanaman cabai dengan menggunakan IoT untuk mengendalikan *solenoid valve* dan sensor *flowmeter* yang sudah terhubung pada *website* dan *mobile apps*.

5.2 Saran

Saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya menggunakan *sensor flow meter* tipe lain karena sensor *flowmeter* yang digunakan pada penelitian ini masih kurang sensitif dan aliran debitnya masih terbilang kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, N., Y., dan Mulyati, S. (2022). Pemantauan Penyiraman Tanaman Secara Otomatis Menggunakan Nodemcu Esp8266 Berbasis Web. *Jurnal TICOM: Technology of Information and Communication*, 11(1), 68-74.
- Afiyah, Q., S., Oktarina, Y., Dewi, T., dan Risma, P. (2020). Sistem Kendali Pengisian Jus Otomatis Menggunakan Sensor Infrared Dan Waterflow Berbasis PLC. *Journal of Applied Smart Electrical Network and Systems (JASENS)*, 1(1), 01-05.
- Al-Khowarizmi, A., K., and Naibaho, F., R. (2021). Smart Sensor in Water Flow Monitoring Model Using Microcontroller and Raspberry Pi. *The IJICS (International Journal of Informatics and Computer Science)*, 5(1), 2548-8384.
- Agustina, E., B., dan Alif, T., D. (2023). Perancangan Alat Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Mikrokontroler Dan Internet Of Things (IoT). *Jurnal Lontar Physics Today*, 2(3), 98-106.
- Alfaresi, Bengawan, dan Feby., A. (2021). Perancangan Miniatur Pintu Air Otomatis Berbasis Sensor Water Level Dan Arduino Uno Pada Sistem Irigasi Persawahan. *Serambi Engineering*, 6(3), 2120-2128.
- Amelia, S., R., Sodiq, D., dan Daud, A. (2022). Pembuatan Alat Ukur Debit Air.11(2). *Jurnal Energi*, 11(2), 2089-2527.
- Anrinal, Putra, M., I., and Viola, R., O. (2022). View Of Manufacturing System Design Of Cnc Laser Engraver. *Jurnal Teknik Mesin*, 12(1), 2598-8263.
- Arifin, J., Zulita, L., N., dan Hermawansyah. (2016). Perancangan Murottal Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560. *Jurnal Media Infotama*, 12(1), 1858-2680.
- Ardiliansyah, A., R., Diah, P., M., dan Arifianto, T. (2021). Rancang Bangun Prototipe Pompa Otomatis Dengan Fitur Monitoring Berbasis IoT Menggunakan Sensor Flow Meter Dan Ultrasonik. *Jurnal Teknologi Informasi dan Terapan*, 13(2), 59-67.
- Atmajaya, S., Fitri, S., A., R., dan Asni, A., B. (2019). Perancangan Control System Pengisian Fluida Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonic Sebagai Level Air & Sensor Flow Indikasi Aliran Air Berbasis Iot. *JTE UNIBA*, 4(1), 48-57.

- Budihartono, E., & Supriyono, D. K. (2023). Sistem monitoring dan penyiraman otomatis pada budidaya porang berbasis IoT, 10-12.
- Ekaputra, E. G., Yanti, D., Saputra, D., & Irsyad, F. (2016). Rancang bangun sistem irigasi tetes untuk budidaya cabai (*Capsicum annum* L.) dalam greenhouse di Nagari Biaro, Kecamatan Ampek Angkek, Kabupaten Agam, Sumatera Barat. *Jurnal Irigasi*, 11(2), 103-112.
- Farizi dan Hariyanto (2021). Sistem Monitoring Suhu Dan Pengairan Otomatis Pada Tanaman Stroberi Berbasis Website. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Terapan*, 8(2), 2580-2291.
- Faisal, A.P., Eka, P.L., Nifty, F., Suwasti, B., Riyanto. (2023). Analisa Kinerja Monitoring Suhu dan Kelembapan Tanah Berbasis IoT pada Alat Penyiraman Otomatis Tanaman Cabai di Dalam Green House. *Jurnal Maestro*, (8)2, 2655-3430.
- Fakhrh, Unaida, R., Faradhillah, Ustrati, K., dan Wati, M. (2022). Analisis Efektivitas Penyiaran Air Melalui Penerapan Irigasi Tetes (*Drip Irrigation*) Pada Tanaman Cabai Di Lahan Kering. *Jurnal Agrium*, 19(3), 240-247.
- Firli, M., Wahjudi, D., dan Yulianto, P. (2022). Perancangan Sistem Penyiraman Dan Pemupukan Otomatis (*Smart Garden*) Berbasis *Internet Of Things* (IoT) Menggunakan Nodemcu Esp8266. *Jurnal Unwiku*, 23(1), 2722-6204.
- Gunawan. (2019). Rancang bangun alat penyiraman tanaman otomatis menggunakan sensor kelembapan tanah. *Journal of Electrical Technology*, 3(1), 25-33.
- Hamrul, dan Heliawaty. (2023). Rancang Sistem Alat Penyiraman Tanaman Bunga Otomatis Berbasis *Internet Of Things*. *Journal Of Computer And Information System (J-Cis)*, 6(2), 19-26.
- Hrisiko, J. (2020). Capacitive soil moisture Sensor They, Calibration, and Testing, *Tehcnical Report*, 1-13, 136-142.
- Latifah, A., Septiana, Y., Aziz, A., dan Nurhakim. (2021). Perancangan Sistem Perhitungan Debit Air Otomatis Berbasis *Internet of Things* Pada Pdm Tirta Garut. *Jurnal Sistem Cerdas*, 4(3), 161-170.
- Lestari, P., dan Antony, F., (2023). Sistem Penyiraman Budidaya Tanaman Cabai Berdasarkan Pengukuran Suhu Dan Kelembaban Tanah. *Jurnal of Intelligent Networks and IoT Global*, 5(2),59-66.
- Mukhayat, N., Ciptadi, P. W., & Hardyanto, R. H. (2021). Sistem Monitoring pH Tanah, Intensitas Cahaya Dan Kelembaban Pada Tanaman Cabai (*Smart Garden*) Berbasis IoT. *Jurnal Teknik Elektro*, 2(3), 124-132.
- Nadiansyah dan Ricza, R., (2018). Sistem Pengendali Kipas Angin Berbasis Nodemcu Esp8226. *Jurnal Teknik Elektro*, 3(1), 147-158.

- Naibaho, N., dan Supriyono, A. (2020). Rancang Bangun Sistem Pengisian Air Menggunakan Sensor Yf-S401 Berbasis HMI. *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna*, 8(2), 2302-4712.
- Nasarudin, M., Abdullah, S., Putra, M., dan Setiawati, D. (2020). Sistem Kendali Penggunaan Air Irigasi Dengan Aplikasi Smartphone Berbasis Kelembaban Tanah. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 9(3), 248-256.
- Nelly, A., Abdul, M., Budiprayitno, S., dan Widodo, T. (2020). Rancang Bangun Alat Ukur Viskositas Digital Pada Oli Menggunakan Sensor Efek Hall. *Jurnal Amori*, 1(2), 2721-3560.
- Pamenang, M. J., Murtono, A., & Rifa'i, M. (2017). Rancang Bangun dan Analisa Kerja Forward Switching Mode Power Supply. *Jurnal Elektro*, 3(1), 22-35.
- Putra, G., M., dan Faiza, D. (2022). Pengendali Suhu, Kelembaban Udara, Dan Intensitas Cahaya Pada *Greenhouse* Untuk Tanaman Bawang Merah Menggunakan *Internet of Things* (IoT). *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 5(3), 2514-3097.
- Rachmawati, R. (2020). Smart Farming 4.0 Untuk Mewujudkan Pertanian Indonesia Maju, Mandiri, Dan Modern. *Jurnal Penelitian Agro Ekonomi*, 38(2). 137-154.
- Rahardjo, P. (2022). Sistem Penyiraman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Pada Tanaman Mangga Harum Manis Buleleng Bali. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*. 21(1), 2503-2372.
- Rahman, A. (2018). Penyiraman Tanaman Secara Otomatis Menggunakan Propeler Berbasis IoT. *ITEJ (Information Technology Engineering Journals)*, 3(1), 106-204.
- Rahman, A., dan Simanjuntak, V. (2022). Rancang Bangun Sistem Irigasi Pada Perkebunan Cabai Berbasis Arduino Mega 2560 dan Sprinkler. *Jurnal Teknologi Elektro*, 2(2), 268-272.
- Ramadhan, A. B., Sumaryo, S., dan Priramadhi, R. A. (2019). Desain Dan Implementasi Pengukuran Debit Air Menggunakan Sensor Water Flow Berbasis Iot Design and Implementation of Water Discharge Measurements Using An IoT-Based Water Flow Sensor. *Jurnal of Engineering*, 6(2), 2623-2630.
- Ratnasari, T., dan Senen, Adri. (2017). Perancangan Prototipe Alat Ukur Arus Listrik Ac Dan Dc Berbasis Mikrokontroler Arduino Dengan Sensor Arus Acs-712 30 Ampere. *Jurnal Sutet*, 7(2), 1248-1254.
- Sasmoko, D., & Horman, R. (2020). Sistem monitoring aliran air dan penyiraman otomatis pada rumah kaca berbasis IoT dengan ESP8266 dan Blynk. *Jurnal Teknik Elektro*, 4(1), 1-10.

- Sirait, F., Supegina, F., & Herwiansya, I. (2017). Peningkatan Efisiensi Sistem Pendistribusian Air Dengan Menggunakan *Internet Of Things (IoT)*. *Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana*, 8(3), 2086-9479.
- Saleh, M. H. (2017). *Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay*. *Jurnal Teknologi Elektro*, 2(2), 1028-1042.
- Setyawan, D., Y., Yuliawati, D., Warsito, dan Warsono. (2018). Calibration Of Geomagnetic and Soil Temperatur Sensor for Earthquake Early Warning System. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 16(5), 2239-2244.
- Supriadi, D., R., Susila, A., D., dan Sulistyono, E. (2018). Penetapan Kebutuhan Air Tanaman Cabai Merah (*Capsicum Annuum L*) Dan Cabai Rawit (*Capsicum Frutescens L*). *Jurnal Agrotek Indonesia*, 9(1), 38-46.
- Supriatna, H., Widaretna, T., dan Sudrajat, J. (2022). Sistem monitoring tanaman cabai untuk meningkatkan hasil panen. *Jurnal Computech & Bisnis*, 16(2), 92-98.
- Suryana dan Taryana.(2021). Automation And Remote Control Of Electronic Equipment Using The Internet With Nodemcu Esp8266 Interface And Apache Mysql Web Server. *Jurnal UNIKOM*, 5(1), 64-72.
- Syafi'i, M., Seltika, D., Paluppi, S., Pramudya, R. K., dan Ramadhan, M. (2023). Implementasi Penyiraman Tanaman Jarak Jauh Berbasis Iot Menggunakan Smartphone Pada SD Negeri 002 Balikpapan Selatan. *Jurnal Malikussaleh Mengabdi*, 2(2), 358-363.
- Syahri, Alfie, dan Ulansari, R. (2023). Penyiraman Otomatis Dengan Nodemcu Berbasis Iot Untuk Tanaman Cabai. *Jurnal Teknologi Informasi*, 9(1), 2623-1700.
- Tando, E. (2019). Pemanfaatan teknologi greenhouse dan hidroponik sebagai solusi menghadapi perubahan iklim dalam budidaya tanaman hortikultura. *Jurnal Sains*, 19(1), 91-102.
- Tullah, Y., R., dan Setyawan, H., A. (2019). Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Pada Toko Tanaman Hias. *Dosen Stmik Bina Sarana Global, 3 Mahasiswa Stmik Bina Sarana Global, Jurnal Sisfotek Global*, 9(1).
- Trimarsiah, Y., dan Arafat, M. (2017). Analisis Dan Perancangan *Website* Sebagai Sarana Informasi Pada Lembaga Bahasa Kewirausahaan Dan Komputer Akmi Baturaja. *Jurnal Ilmiah Matrik*, 19(1), 1-10.
- Thoriq, A., Pratopo, L., Sampurno, R., dan Shafiyullah, S. (2022). Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembaban Tanah Berbasis Internet of Things. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 10(3), 268-280.

- Wandi, A., Kuantan, S., dan Singingi, K. (2020). Perancangan Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Arduino. *Jurnal Teknologi dan Open Source*, 2(1), 282-298.
- Yudhana, A., & Putra, M. C. F. (2016). Penyiram tanaman otomatis berbasis informasi sinyal sensor kelembaban. *Jurnal Research*. 2(1), 979-587-626.
- Yoedo, A., dan Surya, D. (2023). Milenial Sistem Penyiraman Otomatis di Perkebunan Tomat Menggunakan Android Berbasis Aplikasi App Invertor. *Jurnal Elektro*, 12(1), 2715-5064.