

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Sebelumnya

Berikut ini merupakan penelitian-penelitian terdahulu sebagai bahan acuan dan bahan perbandingan dalam penulisan. Beberapa penelitian relevan yang menjadi bahan acuan dalam penelitian ini yaitu penelitian yang dilakukan oleh Indra Dharma Wijaya, Rudy Ariyanto, Nailil Fitria tahun 2019 [9], Nisa Nurislam Tedistya, Winarno, Triuli Noviant tahun 2020 [10], Nurul Fauzia, Nur Kholis, Humaidillah Kurniadi Wardana tahun 2021 [11], Rizal Tjut Adek, Muhammad Fikry, Helmi Naluri, Risawandi pada tahun 2022 [12], dan penelitian dari Herdianto, Darmeli Nasution tahun 2022 [13].

Penelitian pertama yang ditulis oleh Nisa Nurislam Tedistya, Winarno, Triuli Noviant pada tahun 2020 dengan judul “Pengembangan Rancang Bangun Alat Penyiraman Tanaman Cabai Otomatis Pendeteksi Kelembaban Tanah Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno (Greenhouse)” [8]. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui tingkat kelembaban tanah tanaman dan mempermudah penyiraman tanaman cabai dengan pemakaian air secara efisien. Metode yang digunakan yaitu metode riset dan pengembangan (Research and Development). Research and Development (R & D) adalah metode penelitian yang dipakai untuk menghasilkan suatu produk dan menguji keefektifan produk yang dibuat. Hasil pada penelitian ini berupa alat penyiraman tanaman cabai rawit secara otomatis menggunakan pengukuran parameter kelembaban tanah dan kelembaban suhu udara.

Persamaan penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh Nisa Nurislam Tedistya, Winarno, Triuli Noviant pada tahun 2020 adalah pembuatan sistem penyiraman tanaman cabai rawit berdasarkan parameter kelembaban tanah dan kelembaban suhu udara tanaman. sedangkan perbedaan penelitian yang sudah dilakukan yaitu terletak pada penggunaan mikrokontroler dan penampilan pembacaan sensor yang digunakan, penelitian yang dilakukan oleh Nisa Nurislam

Tedistya, Winarno, Triuli Noviant pada tahun 2020 menggunakan Arduino Mega sebagai mikrokontrolernya dan pembacaan sensor akan dikirim melalui sms gateway menggunakan modul SIM800L sedangkan mikrokontroler yang dipakai yaitu NodeMCU dan hasil pembacaan sensor ditampilkan melalui aplikasi blynk smartphone.

Penelitian kedua, penelitian yang dilakukan oleh Indra Dharma Wijaya, Rudy Ariyanto, Nailil Fitria pada tahun 2019 dengan judul “Implementasi Iot Pada Sistem Penyiraman Otomatis Tanaman Cabai Berbasis Raspberry Pi Dengan Metode Fuzzy Logic” [9]. penelitian yang dilakukan bertujuan untuk membuat sistem penyiraman otomatis dengan efektif untuk mempermudah petani cabai dalam penyiraman tanaman. sistem irigasi tanaman berjalan secara otomatis dan dapat dipantau melalui website. Penelitian tersebut menggunakan fuzzy logic untuk menghitung ketepatan waktu penyiraman tanaman cabai menggunakan data sensor kelembaban tanah dan sensor suhu. Hasil penelitian tersebut yaitu berupa sistem penyiraman otomatis tanaman cabai untuk menghasilkan tanaman cabai yang berkualitas.

Persamaan dengan penelitian ini adalah penggunaan dua sensor yang sama yaitu sensor kelembaban tanah dan sensor kelembaban suhu udara. Sedangkan perbedaan penelitian ini terletak pada penggunaan mikrokontroler dan pemantauan tanaman, pada penelitian Indra Dharma Wijaya, Rudy Ariyanto, Nailil Fitria pada tahun 2019 menggunakan Raspberry Pi 3 untuk mikrokontrolernya dan pemantauan tanaman dilakukan melalui website, sedangkan pada penelitian ini mikrokontroler yang digunakan yaitu NodeMCU dan pemantauan tanaman dilakukan menggunakan aplikasi blynk smartphone.

Penelitian ketiga, penelitian yang dilakukan oleh Rizal Tjut Adek, Muhammad Fikry, Helmi Naluri, Risawandi pada tahun 2022 dengan judul penelitian “Automatic Control System Using Arduino UNO and Web-Based Monitoring For Watering Chili Plants” [10]. Tujuan dari penelitian tersebut yaitu agar para petani dapat dengan mudah dalam melakukan penyiraman tanaman dan monitoring tanaman cabai dengan mengetahui tingkat kelembaban tanah serta

tingkat suhu kelembaban udara untuk menentukan penyiraman tanaman cabai. Metode yang digunakan yaitu metode blackbox testing dan dari hasil penelitian tersebut berupa Sistem Kontrol penyiraman otomatis tanaman cabai menggunakan Arduino UNO berbasis website.

Persamaan dengan penelitian ini yaitu dalam penyiraman otomatis tanaman dilakukan berdasarkan hasil kondisi parameter kelembaban tanah dan suhu tanaman cabai. Sedangkan perbedaannya terletak pada penggunaan mikrokontroler dan penampilan hasil pembacaan sensor, pada penelitian yang dilakukan oleh Rizal Tjut Adek, Muhammad Fikry, Helmi Naluri, & Risawandi pada tahun 2022 menggunakan Arduino sebagai mikrokontrolernya dan hasil pembacaan sensor ditampilkan melalui website sedangkan pada penelitian ini menggunakan nodeMCU untuk mikrokontrolernya dan penampilan hasil pembacaan sensor ditampilkan melalui aplikasi blynk.

Penelitian keempat, penelitian yang ditulis oleh Nurul Fauzia, Nur Kholis, Humaidillah Kurniadi Wardana pada tahun 2021 dengan judul “Otomatisasi Penyiraman Tanaman Cabai Dan Tomat Berbasis Iot” [11]. Penelitian tersebut bertujuan untuk mempermudah petani dalam monitoring dan perawatan tanaman secara efektif dan efisien dengan menggunakan sistem penyiraman otomatis yang dibuatnya. Penelitian tersebut menggunakan metode eksperimen dengan hasil penelitiannya berupa alat penyiraman otomatis berbasis iot.

Persamaan penelitian tersebut dengan penelitian ini yaitu pemantauan tanaman seperti tingkat kelembaban tanah dan tingkat suhu kelembaban udara ditampilkan melalui smartphone pada aplikasi blynk. Sedangkan perbedaannya yaitu pada penggunaan sumber air untuk penyiraman, pada penelitian yang dilakukan oleh Nurul Fauzia, Nur Kholis, Humaidillah Kurniadi Wardana pada tahun 2021 sumber air untuk penyiraman disimpan dalam tandon dengan penggunaan pompa air untuk mengalirkan airnya serta penggunaan sensor ultrasonic untuk mengukur kesediaan air pada tandon sedangkan pada penelitian ini sumber air penyiraman melalui kran air yang diatur menggunakan motor servo untuk membuka/menutup tuas air penyiraman.

Penelitian kelima, penelitian dari Herdianto, Darmeli Nasution pada tahun 2022 yang berjudul "Perancangan Sistem Penyiraman Tanaman Cabai Otomatis Perancangan Sistem Penyiraman Tanaman Cabai Otomatis" [12]. Penelitian tersebut bertujuan untuk membuat sistem penyiraman otomatis dan monitoring tanaman cabai menggunakan arduino uno berdasarkan suhu, jumlah nutrisi dan kadar air dalam tanah. Perancangan sistem mengimplementasikan metode aplikasi demonstrasi yaitu dengan dilakukannya pengukuran besar tegangan keluaran catu daya, keluaran relay dan sensor setelah itu dibandingkan dengan acuan tegangan yang diinginkan. Penelitian tersebut menghasilkan suatu sistem penyiraman otomatis dan pemantauan tanaman cabai berdasar suhu, jumlah nutrisi dan kadar air dalam tanah.

Pada penelitian yang sudah dilakukan tersebut terdapat persamaan dengan penelitian ini yaitu penyiraman otomatis tanaman cabai dilakukan berdasarkan hasil kondisi parameter-parameter yang ada pada tanaman cabai seperti kelembaban tanah dan suhu tanaman. lalu perbedaan penelitian terdapat pada penggunaan mikrokontroler dan pemantauan tanaman, pada penelitian ini menggunakan NodeMCU untuk mikrokontrolernya dan pemantauan yang dilakukan melalui aplikasi blynk smartphone berupa kelembaban tanah dan suhu kelembaban udara sedangkan pada penelitian Herdianto, Darmeli Nasution pada tahun 2022 variabel – variabel dan mikrokontroler yang digunakan yaitu Arduino uno dan tanaman yang dimonitoring seperti suhu, jumlah nutrisi dalam tanah dan kadar air dikirim melalui SMS. Berikut ini merupakan penelitian-penelitian terdahulu yang ditampilkan menggunakan tabel:

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya

No.	Judul, Penulis	Metode & Objek	Kesimpulan	Saran
1	“Implementasi Iot Pada Sistem Penyiraman Otomatis Tanaman Cabai Berbasis Raspberry Pi Dengan Metode Fuzzy Logic” yang ditulis oleh Indra Dharma Wijaya, Rudy Ariyanto, Nailil Fitria pada tahun 2019 [9]	Penelitian ini menggunakan metode fuzzy logic untuk menghitung keakuratan durasi waktu penyiraman yang dilakukan sistem dan untuk objek yang diteliti pada penelitian adalah tanaman cabai rawit	Ketepatan pemberian air pada penyiraman otomatis yang sesuai kebutuhan tumbuhan cabai dan tomat	Sistem ini bisa dikembangkan lagi dengan penambahan penggunaan sensor curah hujan dan water level sensor untuk mengukur air dalam tangki air penyiraman
2	“Pengembangan Rancang Bangun Alat Penyiram Tanaman Cabai Otomatis Pendeteksi Kelembaban Tanah Berbasis Mikrokontroller Arduino Uno (Greenhouse)” yang ditulis oleh Nisa Nurislam Tedistya, Winarno, Triuli Noviant pada tahun 2020 [10]	Metode yang digunakan penelitian ini yaitu metode <i>Research and Development</i> yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan metode tersebut dan untuk objek penelitiannya yaitu tanaman cabai rawit	Perancangan sistem penyiraman otomatis tanaman memudahkan perawatan tanaman yang lebih efektif, pada hasil pengujian sistem, nilai keluaran tanah 645 sebagai tanah kering dengan temperature suhu 34 sampai 30°C	Pada pemantauan perkembangan tanaman dari jauh Sistem ini bisa dikembangkan dengan menggunakan smartphone untuk memantau perkembangan tanaman dari jauh dan dapat dikembangkan lagi dengan menambahkan sensor water level untuk mengukur tingkat air yang ada pada tampat air penyiraman

3	<p>“Otomatisasi Penyiraman Tanaman Cabai Dan Tomat Berbasis Iot” yang ditulis oleh Nurul Fauzia, Nur Kholis, Humaidillah Kurniadi Wardana pada tahun 2021[11]</p>	<p>Metode penelitian yang dipakai adalah metode eksperimen yaitu dengan melakukan suatu percobaan untuk membuktikan suatu hipotesis penelitian dan objek yang diteliti yaitu tanaman cabai dan tomat</p>	<p>Sistem penyiraman otomatis berhasil di buat menggunakan ESP32 untuk pengendali sistem dan pembacaan sensor YL-69 serta sensor ultrasonik HCSR04 untuk mengontrol tingkat air pada tandon penyiraman yang dapat dimonitoring melalui aplikasi blynk smartphome</p>	<p>Penelitian dapat dikembangkan lagi dengan penambahan penggunaan sensor suhu untuk mengetahui pengaruh terhadap kelembaban tanah</p>
4	<p>“Automatic Control System Using Arduino UNO and Web-Based Monitoring For Watering Chili Plants” penelitian yang dilakukan oleh Rizal Tjut Adek, Muhammad Fikry, Helmi Naluri, Risawandi pada tahun 2022 [12]</p>	<p>Metode yang digunakan adalah metode <i>Blackbox Testing</i> yang bertujuan untuk melihat perilaku sistem monitoring dan control penyiraman tanaman cabai telah sesuai dengan yang diharapkan. Dan untuk objek yang diteliti yaitu tanaman cabai</p>	<p>Sistem mampu melakukan penyiraman berdasar data data hasil pembacaan sensor kelembaban tanah dan sensor suhu kelembaban udara untuk penentu penyiraman. sistem ini juga dapat mengontrol dan memonitoring penyiraman berdasar waktu yang telah ditentukan pengguna</p>	<p>Penelitian dapat dikembangkan lagi dengan menambahkan penggunaan sensor hujan, agar saat hujan sudah terdeteksi maka sistem akan tidak melakukan penyiraman otomatis walaupun tingkat kelembaban tanah terdeteksi kering</p>

5	<p>“Perancangan Sistem Penyiraman Tanaman Cabai Otomatis Berdasarkan Kadar Air Dan Nutrisi Menggunakan Arduino Uno” yang ditulis oleh Herdianto, Darmeli Nasution pada tahun 2022 [13].</p>	<p>Metode yang digunakan adalah metode aplikasi demonstrasi yang digunakan untuk pengukuran terhadap besar tegangan keluaran catu daya, sensor, keluaran relay, selanjutnya dibandingkan dengan tegangan acuan yang diinginkan. Dan Objek yang diteliti yaitu tanaman cabai</p>	<p>Sistem pemantauan dan penyiraman otomatis tanaman cabai dengan Arduino Uno berdasarkan suhu, tingkat kelembaban, dan nutrisi yang dikembangkan memiliki tingkat keberhasilan hingga 90%</p>	<p>Penelitian dapat dikembangkan lagi dengan menambahkan penggunaan sensor hujan, agar saat hujan sudah terdeteksi maka sistem akan tidak melakukan penyiraman walaupun tanah terdeteksi kering</p>
---	---	---	--	---

2.2. Dasar Teori

Dasar teori dari penelitian ini sendiri yaitu tentang sistem penyiraman otomatis dan monitoring tanaman cabai rawit berdasarkan tingkat kelembaban tanah dan suhu kelembaban udara untuk kebutuhan pertumbuhan tanaman. Tanaman cabai rawit merupakan tanaman yang perlu diperhatikan dalam penyiraman air dan tingkat suhu kelembaban udaranya, yang mana jika tanaman cabai rawit menerima air yang berlebihan dan suhu kelembaban udara tidak sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan tanaman tersebut, maka tanaman tersebut akan terhambat dalam pertumbuhannya bahkan bisa mengakibatkan tanaman layu. Maka dari itu, tanaman ini perlu diperhatikan pada kadar air yang ada, khususnya jika terjadi saat cuaca ekstrim, karena jika pada musim hujan otomatis tanaman cabai tersebut menerima air yang berlebihan yang mengakibatkan tanaman tersebut layu. Maka dari itu, dengan dibuatnya sistem ini yang sudah diprogram agar menyiramkan air sesuai dengan kebutuhan tanaman cabai rawit dan dengan pemantauan tanaman dari tingkat kelembaban tanah dan tingkat suhu kelembaban udara yang dapat dimonitor melalui aplikasi blynk smartphone diharapkan bisa mengantisipasi pemilik tanaman dalam merawat tanaman cabai rawit yang baik untuk pertumbuhan.

2.3. Tinjauan Teori

Pada bagian ini berisi tentang penjelasan alat-alat yang dipakai untuk merancang sistem alat penyiraman otomatis pada tanaman cabai rawit :

2.3.1. Arduino IDE

Arduino IDE merupakan suatu *software* untuk membuat sketsa pemrograman atau sebagai media untuk memprogram board yang diinginkan. Arduino IDE dibuat menggunakan bahasa pemrograman JAVA dengan dilengkapi library C/C++ (*wiring*), sehingga memudahkan operasi *input/output*. IDE sendiri merupakan kependekan dari *Integrated Development Environment*. Program yang dibuat dengan perangkat lunak Arduino IDE disebut sketsa. Sketsa yang dihasilkan disimpan dalam file dengan ekstensi (.ino). Pada software Arduino IDE

terdapat semacam kotak pesan berwarna hitam untuk menunjukkan status seperti kompilasi, pesan error, dan download program. [14].



Gambar 2. 1 Arduino IDE

2.3.2. Blynk

Blynk merupakan suatu platform untuk aplikasi pada smartphone (iOS dan Android) yang berfungsi untuk mengendalikan module iot seperti *Arduino*, *ESP8266*, *WEMOS D1*, *Raspberry Pi*, dan sejenisnya melalui Internet. Dengan aplikasi ini pembuatan antarmuka untuk proyek yang akan dibuat dapat dilakukan dengan mudah hanya dengan metode drag and drop widget. Blynk dirancang dengan tujuan untuk mengontrol *hardware* dari jarak jauh, pada aplikasi blynk data sensor dapat ditampilkan dan dapat menyimpan suatu data [15].



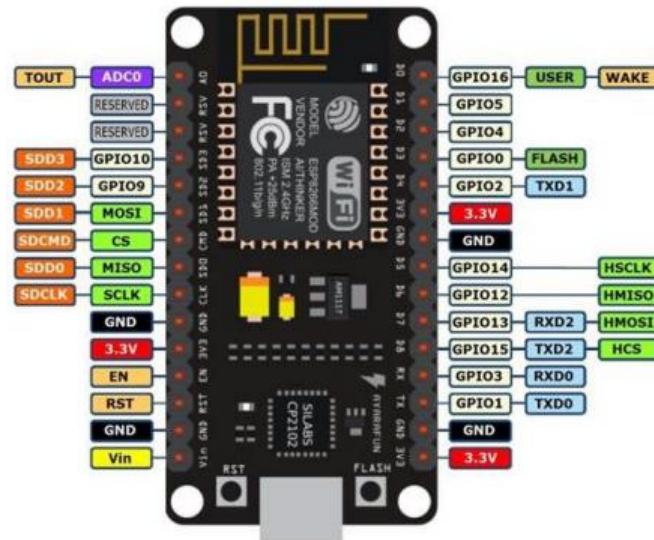
Gambar 2. 2 Aplikasi Blynk

2.3.3. NodeMCU V3

NodeMCU adalah platform IoT sumber terbuka. Papan NodeMCU menyertakan chip berkemampuan Wi-Fi ESP8266. ESP8266 merupakan chip Wi-Fi berbiaya rendah yang dikembangkan oleh Sistem Espressif menggunakan protokol TCP/IP. NodeMCU menggunakan sistem file SPIFFS (*Serial Peripheral Interface Flash File System*) berbasis modul flash. NodeMCU diimplementasikan dalam bahasa pemrograman C dan di-overlay pada Espressif NON-OS SDK. Firmware awalnya dikembangkan sebagai proyek pendamping untuk modul pengembangan NodeMCU yang populer berdasarkan ESP8266, yang populer dan sekarang firmware dapat berjalan di modul ESP apa pun. NodeMCU ESP8266 mempunyai 12 Pin PWM, 3 jumlah Pin 3,3 V, Pin Analog A0, 5 Pin Ground, 1 Pin Vin untuk menambahkan 1 suplai eksternal dari +5V yang tidak terhubung ke USB dan Pin D0 sampai Pin D10 Pin Digital. ESP8266 NodeMCU ESP8266 mempunyai jumlah pin 17 GPIO, pin tersebut bisa dipakai untuk semua jenis [16]. Berikut keterangan pinout NodeMCU yang disajikan pada tabel:

Tabel 2. 2 Pinout nodeMCU dan keterangannya

Simbol Pin	Keterangan
3v3	Tegangan masukan +3V
Vin	Tegangan masukan / Sebagai <i>external power</i>
D0 – D8	Digital I/O
A0	Digital I/O
EN dan RST	<i>Input reset</i>
RX	<i>Port serial input</i>
TX	<i>Port serial output</i>
GND	Tegangan <i>input (-)</i>
SD1,CMD, SD0,CLK	Untuk komunikasi SPI (<i>Serial Peripheral Interface</i>)



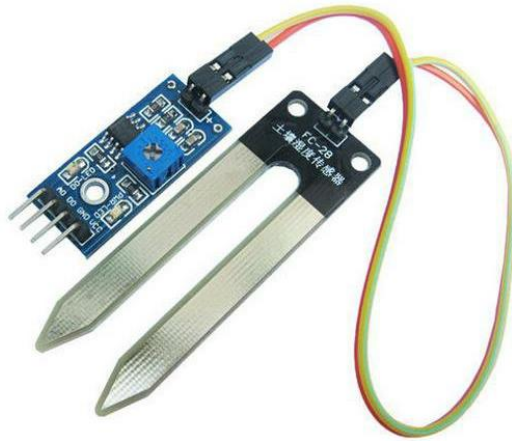
Gambar 2. 3 NodeMCU V3

2.3.4. Sensor Soil Moisture (YL-69)

Sensor *soil moisture* sendiri merupakan sensor kelembaban tanah yang berfungsi mendeteksi dan melakukan pengukuran tingkat kelembaban tanah. Prinsip kerja dari sensor ini yaitu dengan memberikan keluaran berupa listrik karena adanya air di antara pelat kondensator silinder sensor pada tanah. Sensor ini terdapat dua probe yang membiarkan arus melewati tanah, lalu membaca resistansinya untuk memperoleh nilai kelembaban tanah [17]. Spesifikasi tegangan *input Soil Moisture Sensor YL-69* yaitu 3.3V hingga 5V, dengan tegangan *output* $0 \pm 4.2V$, arus 35mA, dan range nilai ADC mulai dari 0 ± 1023 bit [18]. Pada sensor ini memiliki 4 pin dan pada tabel berikut adalah pin yang terdapat pada sensor beserta keterangannya :

Tabel 2. 3 Pin sensor kelembaban tanah dan keterangannya

Simbol Pin	Keterangan
A0	Keluaran Analog
D0	Keluaran Digital
VCC	Tegangan <i>Input</i> (+) 3,3 -5V
GND	Tegangan <i>Input</i> (-)



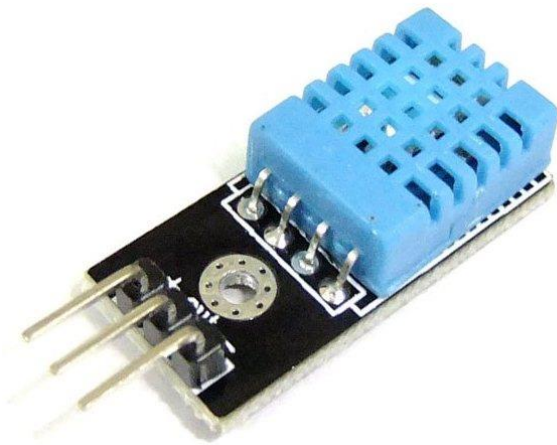
Gambar 2. 4 Sensor Soil Moisture (YL-69)

2.3.5. Sensor DHT11

Sensor DHT11, Sensor ini digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara yang terintegrasi. Sensor DHT11 memiliki kelebihan karena dalam 1 modul sensor terdapat 2 fungsi yaitu mengukur suhu dan kelembaban. Sensor ini memiliki sinyal keluaran berupa sinyal digital yang telah dikalibrasi [19]. Rentang pengukuran suhu dari sensor DHT11 ini yaitu 0 sampai 50 °C dan rentang pengukuran kelembaban relatif adalah 20 hingga 90%. Sensor DHT11 membutuhkan catu daya dari 3 hingga 5,5 volt DC [20]. Pada sensor ini memiliki 3 pin dan pada tabel berikut adalah pin yang terdapat pada sensor beserta keterangannya :

Tabel 2. 4 Pin DHT11 dan keterangannya

Pin	Keterangan
VCC	Tegangan <i>Input</i> (+) 3 – 5,5 V
GND	Tegangan <i>Input</i> (-)
DOUT	<i>Data output serial</i>



Gambar 2. 5 Sensor DHT11

2.3.6. Sensor Hujan (YL-83)

Sensor hujan merupakan jenis sensor yang digunakan untuk mendeteksi adanya hujan di suatu tempat. prinsip kerja dari sensor hujan ini yaitu jika terdapat air hujan jatuh dan mengenai panel sensor, maka akan terjadi proses elektrolisis oleh air hujan. Karena air hujan termasuk dalam cairan elektrolit, maka cairan tersebut akan menghantarkan arus listrik [21]. Tegangan yang dibutuhkan untuk mengoperasikan modul ini adalah 5 VDC. Sensor hujan ini memiliki IC pembanding, *output* dari sensor ini berupa logika high dan low (on atau off) [22]. Pada sensor ini memiliki 4 pin dan pada tabel berikut adalah pin yang terdapat pada sensor beserta keterangannya :

Tabel 2. 5 pin sensor hujan dan keterangannya

Symbol pin	Keterangan
A0	Keluaran Analog
D0	Keluaran Digital
VCC	Tegangan <i>Input</i> (+) 3,3 -5V
GND	Tegangan <i>Input</i> (-)



Gambar 2. 6 Sensor Hujan (YL-83)

2.3.7. Motor Servo (MG995)

Motor servo, Motor servo merupakan motor dengan sistem umpan balik tertutup dimana posisi motor diumpankan kembali ke rangkaian kontrol motor servo. Motor ini terdiri dari potensiometer, rangkaian roda gigi dan rangkaian kontrol. Motor servo inilah yang akan digunakan untuk membuka/menutup aliran air dan menggerakkan rotary sprinkler untuk mengeluarkan air [23]. Untuk mengoperasikan motor servo membutuhkan tegangan *input* antara 4 V sampai 6 V [24]. Pada sensor ini memiliki 3 pin dan pada tabel berikut adalah pin yang terdapat pada sensor beserta keterangannya :

Tabel 2. 6 pin motor servo dan keterangannya

Pin	Keterangan
VCC	Tegangan <i>Input</i> (+) 3 – 5,5 V
GND	Tegangan <i>Input</i> (-)
PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>)	Pin Kontrol



Gambar 2. 7 Motor Servo (MG995)

2.3.8. Metode Eksperimen

Metode Eksperimen adalah studi yang melibatkan manipulasi variabel-variabel kontrol independent pengaruh eksternal/asing dan penilaian variabel independen atas variabel dependen [25]. Metode eksperimen sendiri termasuk pada metode penelitian kuantitatif [26]. Penelitian kuantitatif ini dilakukan untuk menguji apakah variabel eksperimen tersebut efektif atau tidak. Metode eksperimen memiliki tiga syarat yang harus dipenuhi oleh peneliti, yaitu kegiatan mengontrol, kegiatan memanipulasi dan kegiatan observasi [27].

2.3.9. Pengujian Fungsionalitas Sistem

Pengujian fungsionalitas sistem atau yang sering di sebut dengan *Black Box testing* merupakan suatu metode pengujian sistem yang digunakan untuk menguji sebuah fungsionalitas dari sistem yang sudah dibuat tanpa mengetahui struktur internal kode program yang digunakan [28]. Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui seluruh sistem yang dibuat dapat berfungsi dengan baik [29].

2.3.10. Pengujian Kalibrasi

Pengujian kalibrasi merupakan sebuah proses perbandingan keluaran pengukuran yang digunakan dari suatu sistem terhadap standar yang akurasinya sudah diketahui [30]. Pengujian kalibrasi bertujuan untuk mengetahui kelayakan pakai sebuah alat ukur yang digunakan. Alat yang dikalibrasi dikatakan layak jika hasil ukur kalibrasi menunjukkan hasil nilai yang sama atau sesuai dengan standar internasional (SI) yang berlaku [31].

2.3.11. Pengujian Ketahanan Sistem

Pengujian ketahanan sistem adalah jenis pengujian yang digunakan untuk menguji stabilitas dan untuk menentukan batasan sistem perangkat keras atau perangkat lunak rusak saat digunakan. Tujuan dari pengujian ini juga untuk memastikan bahwa sistem yang dibuat dapat bekerja secara efisien bahkan dalam kondisi ekstrim. pengujian ini juga dilakukan untuk menentukan ketangguhan sistem dan untuk penanganan sistem jika terjadi kerusakan di bawah beban yang sangat tinggi [32].