

**Analisis Perbandingan Budidaya *Pogostemon Helpferi*(Downoi)
Secara *Emersed* Menggunakan Teknologi IoT dan Metode
Konvensional**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana (S1)

Achmad Juliarman

10120061



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS KOMPUTER INDONESIA**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**Analisis Perbandingan Budidaya *Pogostemon Helpferi*(Downoi)
Secara *Emersed* Menggunakan Teknologi IoT dan Metode
Konvensional**

ACHMAD JULIARMAN
10120061

Telah disetujui dan disahkan di Bandung pada tanggal :

4 Maret 2025



Ketua Program Studi
Teknik Informatika

Hanhan Maulana, M.Kom., Ph.D.
NIP. 41277006134

Pembimbing

Hanhan Maulana, M.Kom., Ph.D.
NIP. 41277006134

Mengetahui,



Dekan Fakultas
Teknik dan Ilmu Komputer

Assoc. Prof. Dr. Ir. Herman S. Soegoto, MBA
NIP. 412770002

DAFTAR ISI

| | |
|-------------------------------------|-----|
| ABSTRAK | x |
| ABSTRACT | xi |
| Kata Pengantar | xii |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 15 |
| 1.1. Latar Belakang Masalah..... | 15 |
| 1.2. Identifikasi Masalah | 18 |
| 1.3. Maksud dan Tujuan | 19 |
| 1.4. Batasan Masalah | 19 |
| 1.5. Metodologi Penelitian | 20 |
| 1.5.2. Perancangan | 22 |
| 1.5.3. Pembangunan Sistem | 22 |
| 1.5.4. Observasi..... | 25 |
| 1.5.5. Pemeliharaan | 26 |
| 2.1. Sistematika Penulisan | 26 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA..... | 28 |
| 2.1. Internet of Things (IoT) | 28 |
| 2.2. Microcontroller | 28 |
| 2.2.1. Wemos ESP32 UNO D1 R32..... | 29 |
| 2.3. MH-Z19B..... | 31 |

| | | |
|---|---|----|
| 2.4. | SHT30-D..... | 32 |
| 2.5. | RTC-DS3231..... | 33 |
| 2.6. | Relay | 35 |
| 2.7. | Transistor 2N2222 NPN..... | 36 |
| 2.8. | Transistor TIP41C | 38 |
| 2.9. | Resistor | 39 |
| 2.10. | Dioda..... | 40 |
| 2.11. | Arduino IDE..... | 41 |
| 2.12. | Website..... | 42 |
| 2.13. | Application Programming Interface (API) | 42 |
| 2.14. | Mysql | 43 |
| 2.15. | PHP | 43 |
| 2.16. | Entity Relationship Diagram (ERD) | 44 |
| 2.17. | Wiring Diagram | 44 |
| 2.18. | <i>Mist Maker</i> | 45 |
| 2.19. | <i>CO2 Solenoid valve</i> | 46 |
| 2.20. | <i>Grow Light LED</i> | 47 |
| BAB 3 ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM | | 50 |
| 3.1. | Analisis Kebutuhan sistem..... | 50 |
| 3.1.1 | Analisis Parameter | 50 |
| 3.2. | Pembangunan perangkat keras | 56 |

| | |
|---|-----|
| 3.2.1.1. Pengumpulan kebutuhan | 57 |
| 3.3. Metode <i>waterfall</i> | 71 |
| BAB 4 IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN | 76 |
| 4.1. Implementasi | 76 |
| 4.1.1. Implementasi Perangkat Lunak | 76 |
| 4.1.2. Implementasi Perangkat Keras | 78 |
| 4.1.3. Perbandingan | 90 |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN | 106 |
| 5.1. Kesimpulan | 106 |
| 5.2. Saran | 106 |
| LAMPIRAN A LISTING PROGRAM ARDUINO | 111 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Pogostemon helferi (Hook. f.) Press merupakan tanaman hias, termasuk dalam famili *Lamiaceae* yang umumnya dikenal dengan nama lokalnya adalah “*dao-noi*” atau di Indonesia umumnya “*downoi*”, yang berarti “bintang kecil” yang biasa tumbuh di Myanmar dan Thailand bagian barat [1]. Di habitat aslinya *Pogostemon helferi* dapat tumbuh di dalam air maupun di atas permukaan air, di atas permukaan air tanaman ini biasanya tumbuh di antara beberapa jeram kecil menempel pada bebatuan sekitaran sungai dimana air memercik langsung ke tanaman, *downoi* hidup di perairan bersuhu 25 °C dengan hamparan ganggang biru-hijau di bagian tengah sungai yang menunjukkan tingginya konsentrasi nutrisi di sungai sungai tersebut, Jika kandungan unsur hara dalam air terlalu rendah, tanaman akan bertunas dengan jarak antar daun berjauhan, dan daun berwarna hijau muda [2]. Suhu optimal untuk *downoi* tumbuh dalam rentang 23-30 °C [3].

Tanaman ini tidak membutuhkan Cahaya tinggi, namun semakin banyak cahaya yang diberikan, semakin kompak bentuk pertumbuhannya, dan bentuk kompak itulah yang menarik bagi kebanyakan orang. Di bawah cahaya yang lebih sedikit, tanaman tumbuh lebih tinggi (hingga 15 cm) sedangkan cahaya yang tinggi menghasilkan tunas kompak yang panjangnya tidak lebih dari 5-8 cm, adapun suhu optimal untuk *downoi* tumbuh dalam rentang 23-30 °C [3]. Pada penelitian sebelumnya ditemukan bahwa *Pogostemon helferi* yang diberi sedikit pupuk (disini peneliti menggunakan Benziladenin atau BA) mempengaruhi tinggi tanaman, semakin sedikit pupuk maka akan tumbuh semakin tinggi yang dimana hal tersebut mempengaruhi keindahan *downoi*, selain itu didapati bahwa *Pogostemon helferi* hidup optimal pada kelembapan udara 80 % [4].

Budidaya tanaman air, khususnya *Downoi* (*Pogostemon helferi*), cukup diminati baik untuk keperluan hobi maupun komersial. Downoi dikenal sebagai tanaman yang menarik dan memiliki nilai estetika tinggi untuk akuarium dan aquascape. Namun, budidaya Downoi memerlukan perhatian khusus, terutama jika dilakukan secara *emersed*, budidaya secara *emersed* adalah metode menumbuhkan tanaman air dengan bagian akarnya berada dalam air sementara bagian daunnya dan batangnya berada di atas permukaan air. Metode ini berbeda dengan budidaya *submersed*, di mana seluruh bagian tanaman terendam di dalam air. dalam hal pengaturan kondisi lingkungan seperti cahaya, kelembaban, dan nutrisi. Metode konvensional yang mengandalkan pemantauan dan pengaturan manual sering kali menghadapi tantangan dalam memastikan kondisi optimal untuk pertumbuhan tanaman ini.

Pada metode *submersed* terdapat beberapa kelemahan, untuk menumbuhkan downoi dengan optimal dibutuhkan intensitas cahaya yang tinggi, dimana intensitas cahaya yang tinggi, kandungan CO₂ dalam jumlah besar dan kandungan nutrisi yang tinggi mengakibatkan pertumbuhan *algae* yang signifikan [16]. Pertumbuhan *algae* dapat memperlambat pertumbuhan tanaman bahkan mengakibatkan tanaman mati, *algae* menghalangi sumber cahaya untuk tanaman, merampas nutrisi dan CO₂ untuk tanaman [17].

Metode *emersed*, metode ini biasanya digunakan para pembudidaya komersil karena beberapa keunggulan diantaranya tanaman memiliki akses CO₂ yang tak terbatas di udara bebas yang memungkinkan tanaman tumbuh optimal, terlebih lagi tanaman yang dibudidayakan secara *emersed* mengalami lebih sedikit kerusakan selama pengiriman sehingga mengakibatkan persentase kehidupan yang tinggi [18]. Namun metode *emersed* pada lingkungan pembudidayaan dengan luas yang minimal seperti pada akuarium, wadah plastik yang biasa digunakan dalam pembudidayaan

konvensional yang disungkup dengan tujuan menjaga kelembapan udara, CO₂ mengalami degradasi seiring berjalannya waktu karena tanaman terus menerus mengonsumsi CO₂ sehingga mengakibatkan kadar CO₂ tidak mencapai kadar optimalnya, dengan ventilasi yang minimal kelembapan udara dapat dicapai, akan tetapi kondisi tersebut mengakibatkan aliran udara yang sedikit sehingga tidak adanya pertukaran gas CO₂ dari luar wadah pembudidayaan yang mengakibatkan tingkat CO₂ didalam wadah yang disungkup menurun. Kondisi tersebut dapat diatasi dengan injeksi CO₂ yang terukur. Kadar CO₂ yang baik bagi tanaman 475–600 ppm meningkatkan fotosintesis daun dengan rata-rata 40%, konsentrasi karbon dioksida juga penting dalam mengatur keterbukaan stomata, pori-pori tempat tumbuhan bertukar gas dengan lingkungannya [19]. Pada literasi lain menunjukkan bahwa kadar CO₂ dalam rentang 1000 sampai 1500 ppm akan menghasilkan hasil yang jauh lebih baik, sedangkan kadar CO₂ yang melebihi 2000 ppm menjadi racun bagi tanaman, sebagian besar ekspertis menyetujui kadar paling maksimum untuk pertumbuhan tanaman adalah 1500 ppm [21]. Pada metode konvensional juga pembudidaya sering mendapati kesulitan dalam menjaga level kelembapan tanaman yang menyebabkan tanaman kering [20]. Pada metode pembudidayaan tanaman secara konvensional tidak mungkin mengontrol CO₂ dan kelembapan udara seperti level yang disebutkan sebelumnya, maka dibutuhkan teknologi untuk mengontrol kedua parameter tersebut.

Seiring dengan perkembangan teknologi, Internet of Things (IoT) menawarkan solusi inovatif untuk mengoptimalkan budidaya tanaman. IoT memungkinkan pemantauan dan pengaturan kondisi lingkungan secara otomatis dan real-time melalui sensor dan perangkat yang terhubung. Penggunaan teknologi IoT dalam budidaya tanaman dapat meningkatkan efisiensi, mengurangi kesalahan manusia, dan memastikan kondisi optimal secara konsisten.

Belum banyak penelitian yang secara khusus membandingkan efektivitas budidaya Downoi secara *emersed* menggunakan teknologi IoT dengan metode konvensional.

Penelitian ini penting untuk mengetahui apakah teknologi IoT benar-benar memberikan manfaat signifikan dibandingkan metode tradisional, serta untuk mengevaluasi potensi adopsi teknologi ini di kalangan pembudidaya.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan pertumbuhan *dDownoi* yang dibudidayakan secara *emersed* dengan menggunakan teknologi IoT dan metode konvensional. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru tentang efektivitas teknologi IoT dalam budidaya tanaman air, serta memberikan rekomendasi praktis bagi para pembudidaya untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman mereka.

1.2. Identifikasi Masalah

Budidaya tanaman air *Downoi* (*Pogostemon helferi*) secara *emersed* menghadapi beberapa tantangan utama, diantaranya sebagai berikut:

1. Keterbatasan Metode *Emersed* Konvensional

Metode konvensional dalam budidaya tanaman mengandalkan pemantauan secara manual dimana pemantauan dengan cara tersebut rentan terhadap kelalaian manusia seperti yang disebutkan diatas .

2. *Emersed* konvensional Tidak Dapat Mengontrol CO₂ di lingkungan

Emersed konvensional tidak dapat mengontrol kadar CO₂ di lingkungan pembudidayaan, sedangkan untuk mencapai hasil yang maksimal kadar CO₂ sebaiknya dalam rentang 1000 - 1500 ppm, sehingga dibutuhkan lingkungan pembudidayaan yang terdapat pengontrol kadar CO₂ di udara.

3. Dibutuhkan lingkungan penelitian pembudidayaan dengan metode konvensional dan menggunakan IoT untuk membandingkan metode mana yang menghasilkan pertumbuhan yang optimal.

1.3. Maksud dan Tujuan

1.3.1. Maksud

1. Membuat lingkungan pembudidayaan IoT yang dapat mengontrol kelembapan udara sesuai kebutuhan tanaman sesuai dengan parameter yang dapat menghasilkan pertumbuhan optimal.
2. Membuat lingkungan pembudidayaan IoT yang dapat mengontrol kadar CO₂ udara sesuai kebutuhan tanaman sesuai dengan parameter yang dapat menghasilkan pertumbuhan optimal.
3. Membuat lingkungan pembudidayaan menggunakan metode konvensional dengan menggunakan IoT sebagai perbandingan metode mana yang lebih optimal pertumbuhannya.

1.3.2. Tujuan:

1. Menghilangkan potensi kelalaian yang mengakibatkan gagal pembudidayaan yang disebabkan pengeringan tanaman.
2. Memaksimalkan kadar CO₂ lingkungan pembudidayaan.
3. Memberikan informasi metode mana yang lebih optimal dalam menghasilkan pertumbuhan yang lebih baik sebagai dasar pengambilan keputusan dalam membudidayakan tanaman.

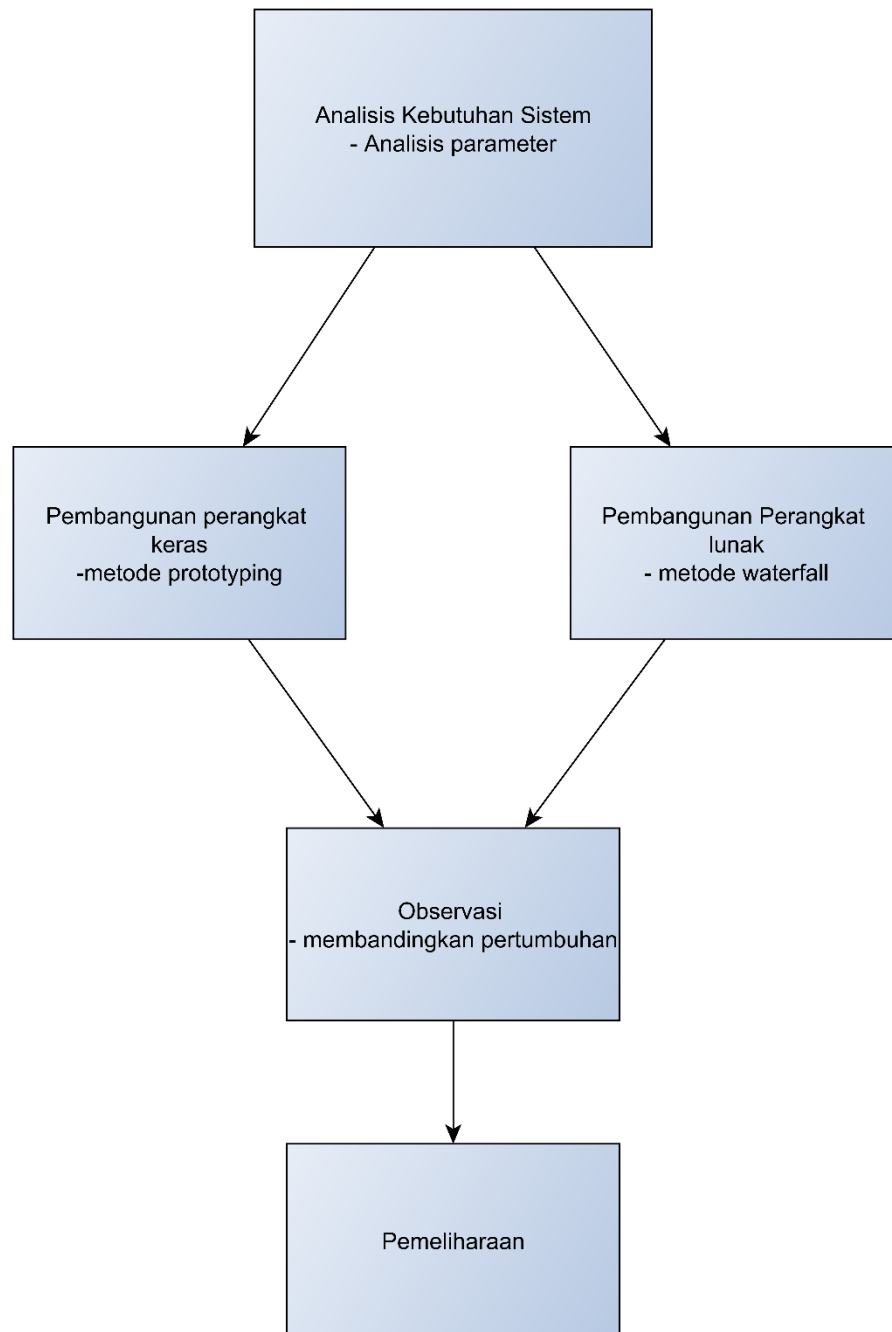
1.4. Batasan Masalah

1. Subjek lingkungan penelitian terbagi menjadi dua yaitu lingkungan budidaya dengan metode konvensional dan lingkungan budidaya menggunakan IOT

2. Jumlah tanaman dari masing masing lingkungan penelitian berjumlah 4 batang downoi
3. Pada lingkungan pembudidayaan IoT hanya terdapat pengontrolan 3 parameter lingkungan pembudidayaannya yaitu CO_2 , kelembapan udara dan pengontrolan lama waktu hidup sumber cahaya
4. Penelitian dilakukan dalam waktu 1 bulan.
5. Data pertumbuhan dari masing masing tanaman diambil per 7 hari.

1.5. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian ini menggunakan metodologi kuantitatif. Pada bagian ini akan menjelaskan prosedur atau langkah - langkah dalam mendapatkan pengetahuan ilmiah atau ilmu. Adapun Langkah - langkah penelitian yang akan digunakan akan dituangkan pada gambar berikut :



Gambar 1. 1 Metodologi Penelitian

1.5.1. Analisis Kebutuhan sistem

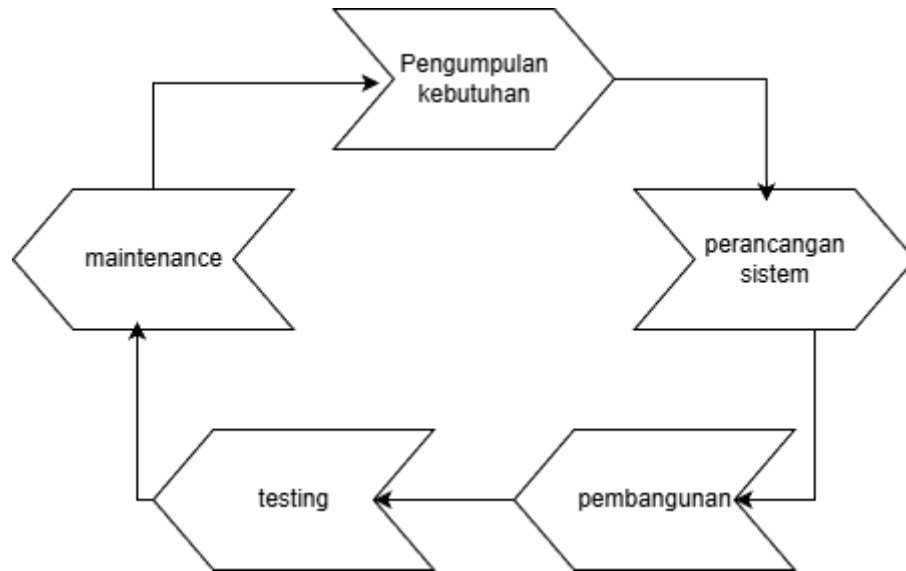
1. Analisis Parameter : menganalisis parameter-parameter yang diperlukan untuk mendukung pertumbuhan optimal tanaman. Analisis ini mencakup berbagai faktor lingkungan dan kondisi fisik yang mempengaruhi proses fotosintesis dan pertumbuhan tanaman. Beberapa parameter utama yang dianalisis meliputi intensitas cahaya (lux), kelembapan, dan CO_2 . Dengan memahami kebutuhan dan kondisi optimal untuk setiap parameter, diharapkan dapat diterapkan metode yang tepat untuk mencapai hasil budidaya yang maksimal dan efisien.

1.5.2. Perancangan

1. Wiring Diagram : Merancang diagram pengkabelan yang menunjukkan bagaimana komponen perangkat keras dalam sistem akan terhubung satu sama lain.
2. Flow Chart sistem : menggambarkan proses yang dilakukan sistem dengan menunjukkan langkah-langkah secara visual
3. Perancangan tampilan aplikasi monitoring : merancang tampilan aplikasi yang akan dibuat.

1.5.3. Pembangunan Sistem

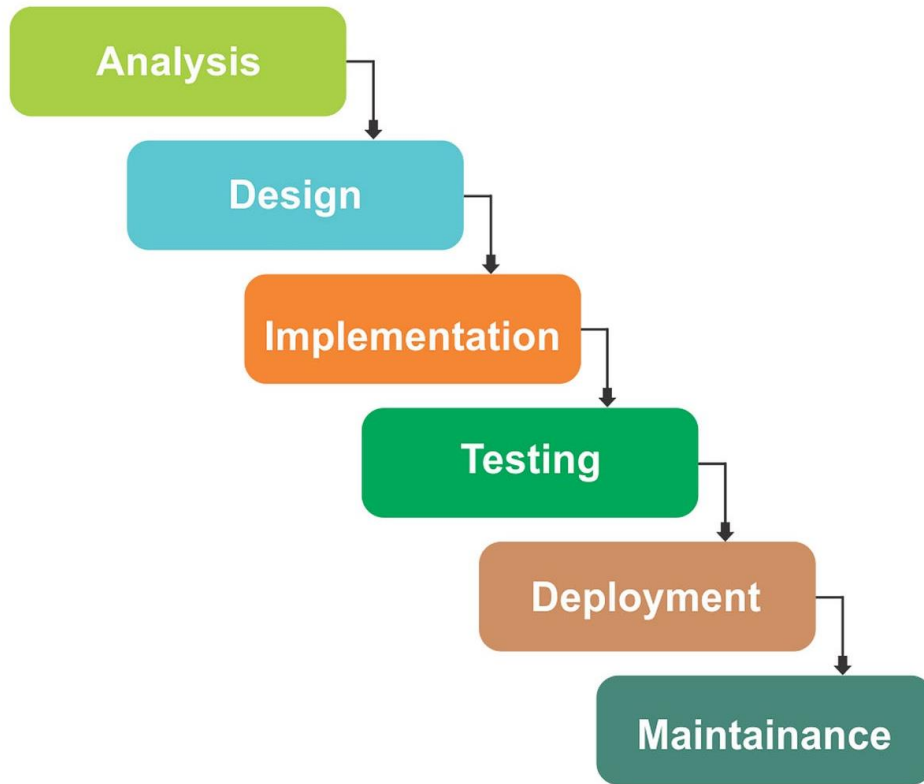
1. Metode *prototyping* : pendekatan pengembangan perangkat lunak dalam konteks penelitian ini pengembangan perangkat IoT yang berguna untuk proyek dengan persyaratan yang tidak jelas atau berubah. Ini melibatkan pembuatan versi awal produk perangkat lunak, yang disebut prototipe, yang menunjukkan fitur dasar dan fungsionalitas yang diinginkan peneliti.



Gambar 1. 2 metode prototyping

- a. Pengumpulan kebutuhan : pada tahap ini, dilakukan pengkajian sensor dan aktuator apa saja yang dibutuhkan.
 - b. Perancangan sistem : pada tahap ini, desain alat yang dibuat sederhana, desain ini memberikan gambaran singkat tentang sistem dan alur dari proses sistem.
 - c. Pembangunan : selama fase ini, prototipe alat sebenarnya dibangun berdasarkan informasi dari perancangan sistem.
 - d. *testing* : pada tahap ini, dilakukan testing terhadap alat yang sudah dibangun, baik aktuator maupun sensor.
 - e. *maintenance* : Tahap ini merupakan proses berulang hingga mencapai hasil akhir. tahap ini berakhir saat prototipe telah dibuat dan memenuhi semua persyaratan yang ditetapkan oleh peneliti.
2. Metode *Waterfall* : pada pembangunan aplikasi monitoring untuk penelitian ini menggunakan metode *waterfall* yang merupakan model pengembangan perangkat

lunak yang linear dan sekuensial. Dinamakan “*Waterfall*” karena alur pengembangannya mengalir ke bawah seperti air terjun, melalui serangkaian tahapan yang terstruktur dan berurutan.



Gambar 1. 3 metode waterfall

- a. *Requirement analysis* : Tahap awal ini melibatkan identifikasi dan pemahaman terhadap kebutuhan pengguna dan pemangku kepentingan
- b. *Design* : Pada tahap ini, persyaratan yang telah dikumpulkan diterjemahkan menjadi desain perangkat lunak yang spesifik.

c. *Development* : Tahap ini melibatkan proses pengkodean atau implementasi aktual dari *software* berdasarkan desain yang telah ditentukan sebelumnya.

d. *Testing* : Setelah implementasi selesai, *software* akan diuji untuk memastikan bahwa itu berfungsi sesuai dengan persyaratan yang ditentukan sebelumnya. Pengujian meliputi pengujian fungsionalitas, pengujian kesalahan (bug), pengujian integrasi, dan pengujian kinerja.

e. *Deployment* : pada tahap ini aplikasi di simpan ke hosting yang sudah dibeli agar bisa diakses melalui internet sehingga alat dapat mengirimkan data *realtime* dan periodik

f. *Maintenance* : pada tahap ini dilakukan untuk memastikan sistem tetap berfungsi secara optimal sehingga alat tetap bisa mengirimkan data *realtime* maupun data periodik.

1.5.4. Observasi

Pada tahap ini melibatkan pemantauan dan evaluasi pertumbuhan tanaman baik yang menggunakan metode konvensional maupun IOT dalam pembudidayaannya di lapangan.

1.5.4.1. Membandingkan pertumbuhan

Pada tahap ini, peneliti membandingkan pertumbuhan downoi untuk menghasilkan kesimpulan metode mana yang lebih optimal pembudidayaan menggunakan metode konvensional atau menggunakan teknologi IoT.

1.5.5. Pemeliharaan

Tahap pemeliharaan adalah fase akhir dalam siklus pengembangan sistem, yang berfokus pada menjaga sistem agar tetap berfungsi dengan baik pada saat implementasi. Dengan melakukan pemantauan sistem secara real-time melalui aplikasi web untuk memastikan semua sensor berfungsi dengan baik dan menjaga sistem tetap berjalan

2.1. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini disusun untuk memberikan gambaran umum tentang penelitian yang akan dijalankan. Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang latar belakang permasalahan, perumusan masalah yang akan dihadapi, menentukan tujuan dan kegunaan penelitian yang kemudian diikuti dengan pembatasan masalah, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas bahan kajian, konsep dasar, dan teori dari para ahli yang relevan dengan penelitian. Juga, peninjauan terhadap permasalahan serta sintesis penelitian-penelitian dan kajian serupa sebelumnya yang dapat digunakan sebagai acuan untuk pemecahan masalah pada penelitian ini.

BAB 3 ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

Bab ini berisi analisis kebutuhan dalam membangun aplikasi yang terdiri dari analisis masalah, analisis kebutuhan fungsional dan non-fungsional. Selain itu, terdapat juga perancangan antarmuka untuk sistem yang akan dibangun sesuai hasil analisis yang telah dilakukan.

BAB 4 IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

Bab ini membahas implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian sistem yang mencakup pengujian fungsionalitas dan kinerja sistem secara keseluruhan dalam kondisi nyata.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang diambil dari hasil penelitian dan pengujian, serta saran yang diberikan untuk penelitian lebih lanjut atau untuk penerapan praktis hasil penelitian

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Internet of Things (IoT)

IoT adalah salah satu teknologi pendukung “Industri 4.0”. Tujuannya adalah koneksi manusia dengan mesin dan teknologi pintar. Internet of Things (IoT) mengacu pada perangkat komputer yang saling berhubungan yang melakukan pertukaran dalam jumlah besar data dengan kecepatan tinggi [7]. Mesin ke mesin, mesin ke infrastruktur, mesin ke lingkungan, Internet of Everything, Internet of Intelligent Things, IoT terdiri dari mesin cerdas yang dapat berinteraksi dan berkomunikasi dengan mesin lain, objek, lingkungan dan infrastruktur. Hasilnya, menciptakan data dalam volume yang sangat besar, sehingga data itu menjadi tindakan yang dapat “memerintah dan mengendalikan” hal-hal yang membuat hidup kita lebih mudah dan aman sehingga mengurangi dampak kita terhadap lingkungan [8].

Berdasarkan hal tersebut membuka peluang pembudidaya tanaman aquatic untuk mengadopsi IoT dalam proses pembudidayaannya. Dengan IoT, berbagai faktor lingkungan seperti cahaya, suhu, kelembapan dan lain-lain dapat dipantau dan dikendalikan secara otomatis dan real-time.

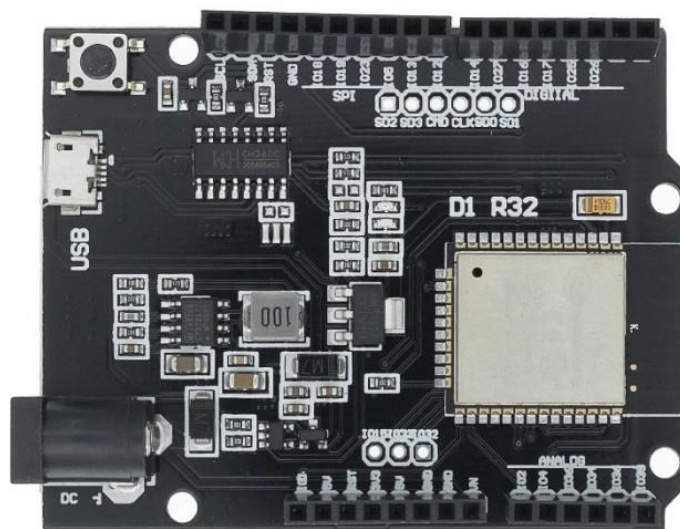
Pembahasan mengenai teori-teori yang mendukung penelitian. Misalnya, teori pertumbuhan tanaman dalam media air, atau teori ekosistem perairan yang mendasari sistem budidaya tanaman aquatic.

2.2. Microcontroller

Mikrokontroler adalah komponen elektronik yang digunakan untuk mengontrol perangkat elektronik dengan menggunakan program, dan menghubungkan perangkat elektronik dengan internet. Mikrokontroler ini biasanya dihubungkan ke modul WiFi

atau Bluetooth sehingga mereka dapat mengirim dan menerima data ke internet dan dari perangkat Internet of Things (IoT) lainnya. Bantuan mikrokontroler memungkinkan perangkat IoT mengumpulkan data dari sensor, memprosesnya, dan kemudian mengirimkan data tersebut ke server untuk diolah dan digunakan tergantung dengan kepentingan [9].

2.2.1. Wemos ESP32 UNO D1 R32



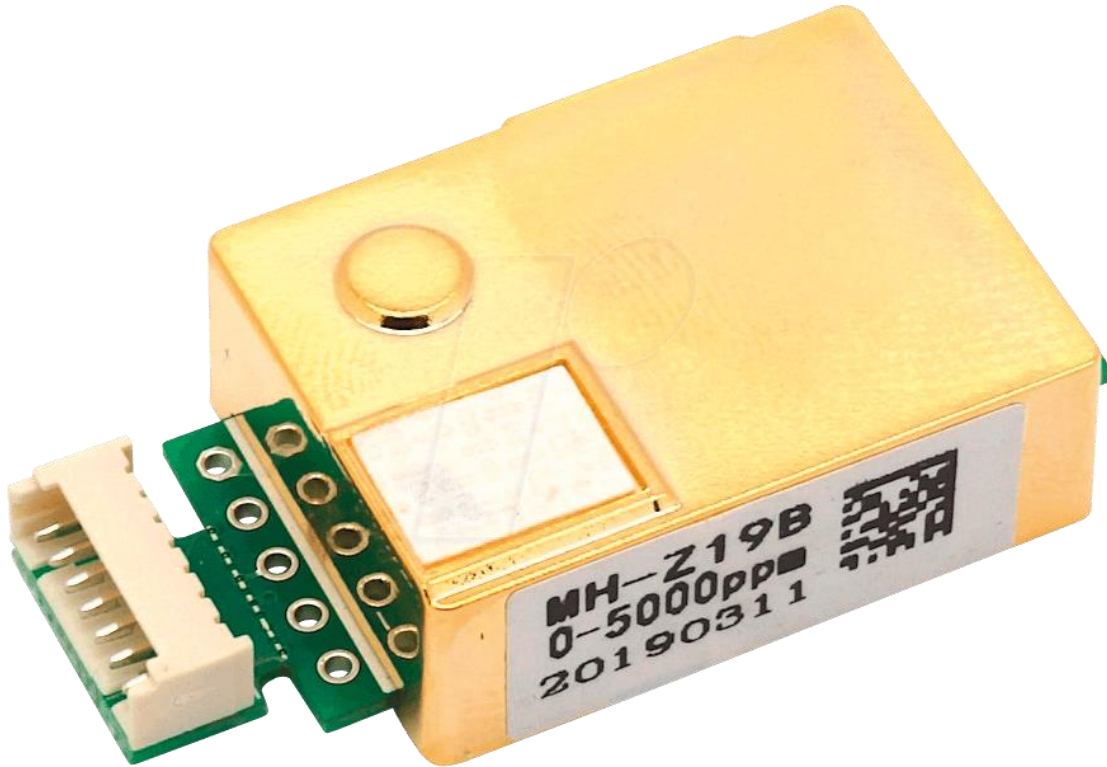
Gambar 2. 1. Wemos ESP32 UNO D1 R32

Wemos ESP32 UNO D1 R32 adalah papan pengembangan berbasis ESP32 yang didesain untuk menyerupai bentuk fisik dan pinout Arduino Uno [10], namun dengan kemampuan dan fitur yang lebih canggih karena menggunakan chip ESP32

yang mendukung Wi-Fi dan Bluetooth memungkinkan papan ini digunakan untuk aplikasi IoT (Internet of Things) yang memerlukan komunikasi nirkabel seperti mengirim data ke cloud atau server yang membutuhkan jaringan internet.

Salah satu kelebihan dari Wemos ESP32 UNO D1 R32 adalah adanya dukungan untuk **sumber** daya 5V (VCC 5V) sehingga memungkinkan untuk menggunakan sensor yang membutuhkan daya 5V tanpa harus memberi sumber daya eksternal. Ini merupakan salah satu fitur yang membedakan papan ini dari beberapa papan ESP32 lainnya.

2.3. MH-Z19B

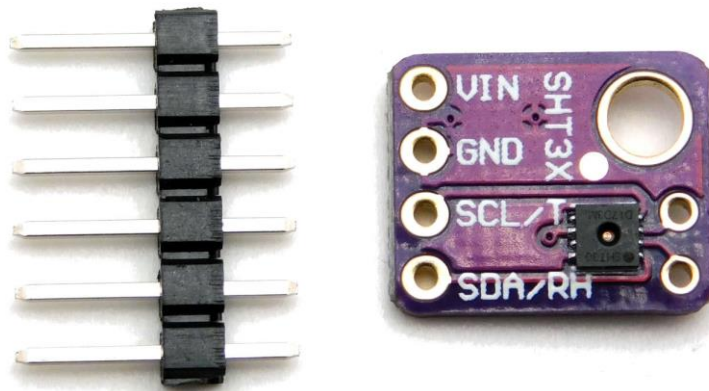


Gambar 2. 2. MH-Z19B

MH-Z19B adalah sensor gas CO₂ (karbon dioksida) yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti monitoring kualitas udara, sistem ventilasi pintar, dan pengendalian lingkungan. Sensor ini menggunakan teknologi non-dispersive infrared (NDIR) untuk mengukur konsentrasi CO₂ dalam udara. Metode NDIR memungkinkan sensor untuk mendeteksi gas dengan akurasi yang tinggi dan keandalan yang baik, karena teknologi ini tidak terpengaruh oleh faktor lingkungan seperti kelembapan atau suhu, yang sering mempengaruhi metode pengukuran gas lainnya. Dengan menggunakan panjang gelombang tertentu yang diserap oleh CO₂, sensor ini dapat mengukur kadar gas dengan tepat [11].

MH-Z19B memiliki kelebihan dalam hal kestabilan dan respons cepat, sehingga sangat cocok untuk aplikasi yang memerlukan pengukuran CO2 secara real-time. Sensor ini juga dapat memberikan output analog maupun digital, yang memudahkan integrasi dengan berbagai mikrokontroler seperti Arduino, ESP32, atau Raspberry Pi. Selain itu, MH-Z19B dilengkapi dengan fitur kalibrasi otomatis yang memungkinkan sensor untuk mempertahankan akurasi pengukuran dalam jangka panjang. Dengan kemampuan ini, sensor MH-Z19B menjadi pilihan yang sangat baik untuk aplikasi yang berfokus pada pengendalian kualitas udara, pengukuran emisi, dan pengelolaan ventilasi di ruang tertutup.

2.4. SHT30-D



Gambar 2. 3. SHT30-D

SHT30-D adalah sensor suhu dan kelembapan digital yang dikembangkan oleh Sensirion, perusahaan yang dikenal dengan inovasi teknologi sensor berkualitas tinggi. Sensor ini dirancang untuk memberikan pengukuran suhu dan kelembapan relatif (RH)

dengan tingkat akurasi yang tinggi, sehingga cocok digunakan dalam berbagai aplikasi. Sebagai bagian dari keluarga sensor SHT3x, SHT30-D menawarkan kinerja yang andal dengan kompensasi suhu internal untuk meningkatkan akurasi di berbagai kondisi lingkungan. Sensor ini juga memiliki kalibrasi pabrik yang memastikan keakuratan data tanpa memerlukan pengaturan tambahan dari pengguna. Oleh karena itu, SHT30-D sering digunakan dalam sistem otomasi rumah, perangkat IoT, dan proyek monitoring lingkungan.

Selain itu, SHT30-D memiliki waktu respon yang cepat, memungkinkan pengukuran suhu dan kelembapan dalam waktu sekitar 500 ms. Fitur ini sangat berguna untuk aplikasi yang memerlukan data real-time, seperti sistem pemantauan iklim mikro atau pengendalian kelembapan di lingkungan tertutup. Sensor ini beroperasi melalui antarmuka I2C, yang memudahkan integrasi dengan mikrokontroler populer seperti Arduino dan ESP32. Selain itu, desainnya yang hemat energi menjadikannya pilihan ideal untuk perangkat bertenaga baterai. Dengan ketahanan terhadap lingkungan yang keras dan kemampuan pengukuran yang presisi, SHT30-D menjadi solusi andal untuk berbagai kebutuhan sensor suhu dan kelembapan.

2.5. RTC-DS3231

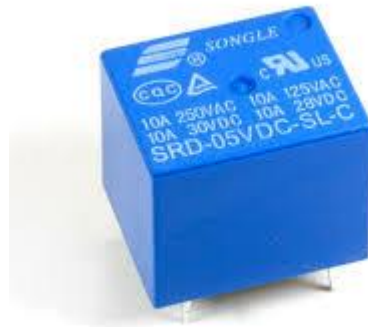


Gambar 2. 4. RTC-DS3231

RTC DS3231 adalah modul Real-Time Clock (RTC) yang dirancang untuk mencatat waktu dengan akurasi tinggi. Modul ini menggunakan chip DS3231 yang memiliki osilator kristal terintegrasi dan kompensasi suhu, sehingga dapat mempertahankan ketepatan waktu meskipun terjadi perubahan suhu di lingkungan sekitarnya. Dengan fitur tersebut, DS3231 mampu mengurangi penyimpangan waktu yang umum terjadi pada RTC konvensional. Modul ini sering digunakan dalam berbagai aplikasi yang memerlukan pencatatan waktu secara real-time, seperti sistem otomasi, perangkat pencatatan data, dan proyek IoT.

Selain itu, DS3231 juga memiliki fitur baterai cadangan yang memungkinkan modul ini untuk terus berjalan meskipun daya utama dimatikan, menjaga agar waktu tetap akurat. Modul ini mendukung pencatatan waktu hingga detik, serta tanggal, bulan, dan tahun, dan dapat secara otomatis menangani tahun kabisat. Dengan antarmuka I2C yang mudah diintegrasikan dengan berbagai mikrokontroler seperti Arduino, ESP32, dan Raspberry Pi, DS3231 menjadi pilihan utama dalam proyek-proyek yang membutuhkan pencatatan waktu yang presisi dan handal.

2.6. Relay



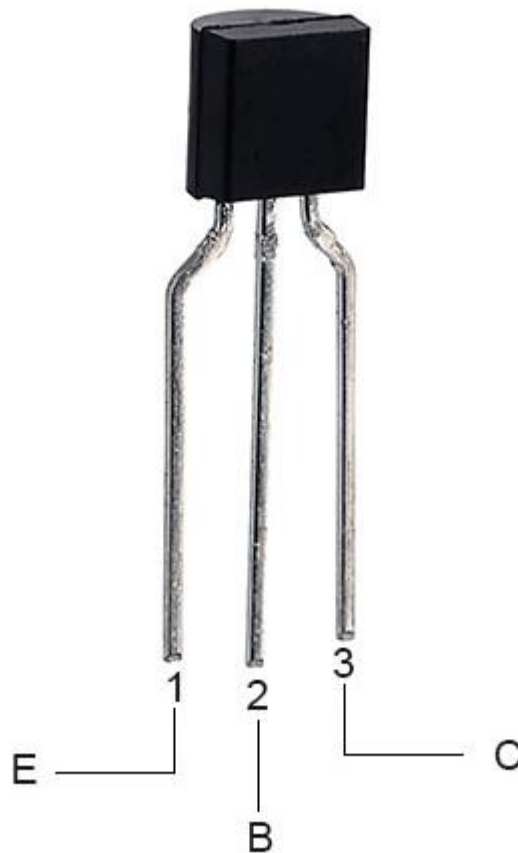
Gambar 2. 5. Relay

Relay adalah perangkat elektrik yang berfungsi untuk mengendalikan sirkuit menggunakan sinyal listrik kecil untuk mengoperasikan saklar yang mengontrol sirkuit atau perangkat dengan daya yang lebih besar. Secara sederhana, relay memungkinkan pengguna untuk menghidupkan atau mematikan perangkat yang membutuhkan daya tinggi dengan menggunakan sinyal kontrol yang lebih kecil, seperti yang dihasilkan oleh mikrokontroler atau sistem elektronik lainnya. Ini memberikan fleksibilitas bagi sistem elektronik untuk mengendalikan berbagai perangkat tanpa perlu menghubungkan langsung sistem kontrol dengan perangkat yang membutuhkan daya besar. Relay sering digunakan dalam berbagai aplikasi seperti otomasi, kontrol motor, pencahayaan, dan sistem keamanan.

perangkat elektrik yang berfungsi untuk mengendalikan sirkuit menggunakan sinyal listrik kecil untuk mengoperasikan saklar yang mengontrol sirkuit atau perangkat dengan daya yang lebih besar. Secara sederhana, relay memungkinkan pengguna untuk menghidupkan atau mematikan perangkat yang membutuhkan daya tinggi dengan menggunakan sinyal kontrol yang lebih kecil, seperti yang dihasilkan

oleh mikrokontroler atau sistem elektronik lainnya. Ini memberikan fleksibilitas bagi sistem elektronik untuk mengendalikan berbagai perangkat tanpa perlu menghubungkan langsung sistem kontrol dengan perangkat yang membutuhkan daya besar. Relay sering digunakan dalam berbagai aplikasi seperti otomasi, kontrol motor, pencahayaan, dan sistem keamanan.

2.7. Transistor 2N2222 NPN



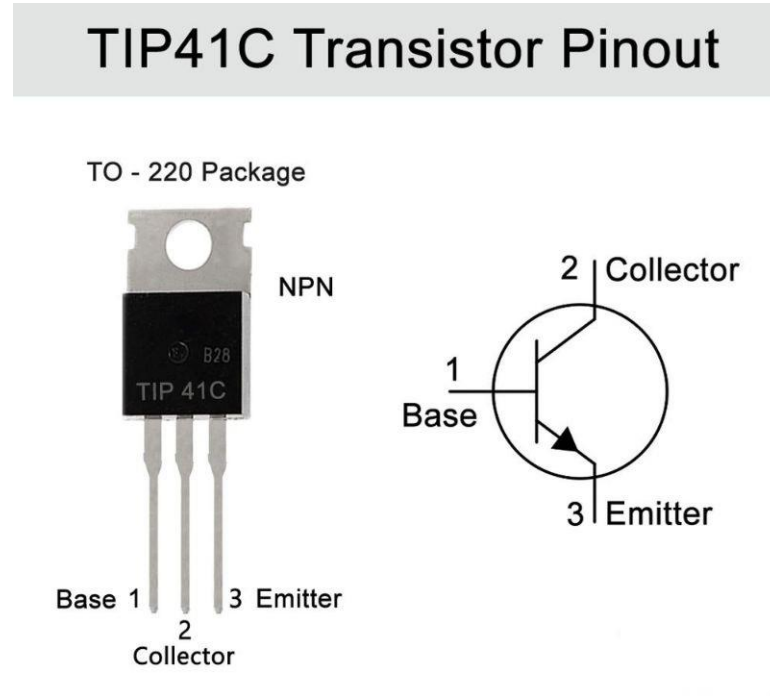
Gambar 2. 6. Transistor 2N2222

2N2222 adalah transistor bipolar junction transistor (BJT) tipe NPN yang sangat populer dan sering digunakan dalam aplikasi elektronika. Transistor ini

dirancang untuk menguatkan sinyal atau berfungsi sebagai saklar elektronik yang mengendalikan aliran arus dalam rangkaian. Dengan karakteristiknya yang handal dan daya tahan yang baik, 2N2222 banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti penguat audio, saklar logika, dan kontrol perangkat daya kecil. Dalam penggunaannya, transistor ini memiliki kemampuan untuk menangani arus kolektor hingga 800mA dan tegangan kolektor-emitter maksimal 40V, sehingga cocok untuk banyak rangkaian elektronika.

Salah satu aplikasi umum 2N2222 adalah dalam sistem kontrol relay, seperti yang digunakan dengan papan mikrokontroler berbasis ESP32 atau Wemos D1 R32 yang hanya menyediakan output 3.3V. Meskipun mikrokontroler ini beroperasi pada tegangan rendah, 2N2222 dapat digunakan untuk mengendalikan relay yang membutuhkan tegangan lebih tinggi, seperti 5V atau 12V, dengan memanfaatkan kemampuan transistor untuk mengalirkan arus yang lebih besar melalui relay. Dengan cara ini, transistor bertindak sebagai saklar untuk mengontrol aliran daya, memungkinkan mikrokontroler untuk mengendalikan perangkat eksternal yang membutuhkan daya lebih besar tanpa membebani pin output mikrokontroler.

2.8. Transistor TIP41C



Gambar 2. 7. Transistor TIP4C

TIP41C adalah transistor NPN yang termasuk dalam kategori **bipolar junction transistor (BJT)**, dan biasanya digunakan dalam aplikasi daya (power transistor). Transistor ini dirancang untuk menguatkan sinyal listrik atau bertindak sebagai sakelar untuk mengendalikan aliran daya dalam rangkaian elektronik. Sebagai transistor daya, TIP41C memiliki kemampuan untuk mengalirkan arus yang lebih besar, membuatnya cocok untuk aplikasi seperti pengendalian motor, penguat audio, dan switching dalam rangkaian power supply. TIP41C memiliki spesifikasi kolektor-emitter maksimal 60V dan dapat mengalirkan arus kolektor hingga 6A, menjadikannya ideal untuk penggunaan dengan perangkat yang membutuhkan daya tinggi.

Selain itu, TIP41C memiliki keuntungan dalam kecepatan switching dan efisiensi daya yang baik, yang memungkinkan pengguna untuk mengontrol perangkat dengan kebutuhan daya besar secara lebih stabil. Transistor ini biasanya digunakan dalam rangkaian dengan tegangan dan arus sedang hingga tinggi, serta sering digunakan dalam rangkaian penguat audio dan sirkuit switching. Dengan daya tahan yang cukup baik, TIP41C juga menyediakan pelindung terhadap kerusakan berlebih berkat spesifikasi rating daya dan suhu yang cukup tinggi. Keandalannya menjadikannya pilihan yang populer dalam berbagai aplikasi elektronik dan otomasi.

2.9. Resistor



Gambar 2. 8. Resistor

Resistor adalah komponen elektronik yang berfungsi untuk menghambat atau membatasi aliran arus listrik dalam suatu rangkaian. Dengan nilai resistansi tertentu, resistor digunakan untuk mengontrol arus listrik dan membagi tegangan, sehingga melindungi komponen lain dari kerusakan akibat arus berlebih. Resistor juga

membantu menyesuaikan level sinyal, mengatur waktu pengisian dan pengosongan kapasitor, serta membentuk filter dalam rangkaian analog. Sebagai komponen pasif, resistor tidak memerlukan sumber daya eksternal untuk beroperasi dan hanya mengubah sebagian kecil energi listrik menjadi panas.

Resistor tersedia dalam berbagai jenis dan ukuran, dengan nilai resistansi yang dinyatakan dalam satuan ohm (Ω). Nilai ini ditentukan oleh kode warna atau angka yang dicetak pada badan resistor. Beberapa jenis resistor umum meliputi resistor tetap, variabel (potensiometer), dan termistor yang peka terhadap suhu. Resistor juga memiliki toleransi, yang menunjukkan seberapa akurat nilai resistansinya dibandingkan nilai nominalnya. Dengan perannya yang serbaguna, resistor menjadi komponen penting dalam berbagai aplikasi elektronik, mulai dari rangkaian sederhana hingga sistem elektronik yang kompleks

2.10. Dioda



Gambar 2. 9. Dioda

Dioda adalah komponen elektronik yang memungkinkan aliran arus listrik hanya dalam satu arah. Secara umum, dioda memiliki dua terminal: anoda (positif) dan katoda (negatif). Ketika tegangan pada anoda lebih tinggi daripada

katoda, dioda akan menghantarkan arus (disebut sebagai kondisi forward-bias). Sebaliknya, jika tegangan pada katoda lebih tinggi daripada anoda, dioda akan mencegah aliran arus (reverse-bias).

dioda juga bisa digunakan sebagai pelindung rangkaian yang disebut dioda flyback. Dioda flyback, juga dikenal sebagai dioda freewheeling atau dioda penahan induktif, adalah dioda yang dipasang paralel dengan komponen induktif (seperti relay, motor, atau solenoid) untuk melindungi rangkaian dari lonjakan tegangan yang berbahaya.

2.11. Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah perangkat lunak yang dirancang untuk menulis, mengedit, dan mengunggah program ke papan mikrokontroler Arduino. IDE ini menyediakan antarmuka yang sederhana dan ramah pengguna, sehingga cocok untuk pemula maupun pengembang berpengalaman. Pengguna dapat menulis kode dalam bahasa pemrograman Arduino, yang merupakan turunan dari C dan C++, untuk mengontrol berbagai perangkat keras seperti sensor, aktuator, motor, dan modul komunikasi. Selain itu, Arduino IDE mendukung berbagai papan mikrokontroler, termasuk Arduino Uno, Arduino Nano, Arduino Mega, serta papan berbasis ESP32 dan ESP8266, yang sering digunakan dalam proyek IoT.

Arduino IDE juga dilengkapi dengan berbagai fitur seperti editor kode dengan pewarnaan sintaks, pustaka (library) bawaan untuk mempercepat pengembangan, dan alat untuk memantau komunikasi serial secara real-time. Dengan dukungan komunitas yang besar, pengguna dapat dengan mudah menemukan contoh kode, pustaka tambahan, dan panduan pemecahan masalah untuk mempercepat proses pengembangan proyek. Selain itu, Arduino IDE bersifat open-source dan tersedia untuk berbagai sistem operasi seperti Windows, macOS, dan Linux, menjadikannya platform yang fleksibel untuk eksperimen dan pengembangan sistem berbasis mikrokontroler.

2.12. Website

Kumpulan halaman yang berisi informasi digital seperti teks, gambar, animasi, suara, dan video yang disediakan melalui internet, sehingga setiap orang di seluruh dunia dapat mengaksesnya dan melihatnya. Sebuah situs web biasanya terdiri dari setidaknya satu server web yang dapat diakses melalui jaringan seperti internet atau jaringan wilayah lokal, juga dikenal sebagai LAN.

World Wide Web (WWW) adalah kumpulan semua situs web yang tersedia untuk umum di internet. Bahasa umum yang dikenal sebagai HTML digunakan untuk membuat halaman web. Perangkat lunak yang disebut browser digunakan oleh web browser untuk menerjemahkan script HTML ini sehingga setiap orang dapat melihat informasi dalam bentuk yang dapat dibaca [13]. Pada konteks penelitian ini web digunakan untuk menampilkan data periodic dari sensor dan data realtime dari sensor.

2.13. Application Programming Interface (API)

Application Programming Interface atau API adalah protokol sebagai perantara komunikasi antara program-program yang berinteraksi. API juga dapat didefinisikan sebagai kumpulan protokol, fungsi, dan perintah yang memungkinkan programmer membuat perangkat lunak untuk sistem operasi tertentu. API memfasilitasi interaksi antara berbagai komponen perangkat lunak, baik yang berada dalam satu sistem maupun yang berada pada sistem yang berbeda [14].

Komponen API meliputi Endpoint (titik akhir yang diwakili oleh URL), Request (permintaan dari klien ke server dengan metode HTTP seperti GET, POST, PUT, DELETE), Response (tanggapan dari server berisi data atau status operasi), dan Methods/Verbs (metode penanganan permintaan seperti GET untuk mengambil data, POST untuk mengirim data, PUT untuk memperbarui data, dan DELETE untuk

menghapus data). Pada konteks penelitian ini API digunakan perantara pengiriman data dari Wemos ESP32 ke server.

2.14. Mysql

Mysql adalah salah satu DBMS (Database Management System) yang paling banyak digunakan oleh para pemrogram aplikasi web adalah MySQL. Dalam sistem database tak relasional, semua data disimpan pada satu bidang besar, yang kadang-kadang membuat data sulit untuk diakses.

Namun, karena MySQL adalah sistem database relasional, dia memiliki kemampuan untuk mengelompokkan informasi ke dalam tabel atau grup-grup informasi yang terkait, masing-masing tabel memuat bidang-bidang yang berbeda yang menampilkan setiap bit informasi [15]. Pada konteks penelitian ini mysql digunakan untuk menyimpan data sensor periodic dan realtime.

2.15. PHP

PHP merupakan bahasa pemrograman **server-side** yang digunakan untuk mengembangkan aplikasi web dinamis dan interaktif. PHP digunakan untuk menghasilkan konten dinamis pada halaman web dan berfungsi di sisi **server**, artinya PHP memproses permintaan dan menghasilkan output sebelum mengirimkan data ke browser pengguna.

PHP banyak digunakan untuk membangun **website, sistem manajemen konten** (CMS), dan aplikasi web lainnya. Pada konteks penelitian ini digunakan untuk membuat API dan back-end dari halaman untuk menampilkan data sensor.

2.16. Entity Relationship Diagram (ERD)

Entity Relationship Diagram (ERD) adalah sebuah diagram yang digunakan untuk memvisualisasikan hubungan antar entitas dalam suatu sistem basis data. ERD membantu merancang struktur basis data dengan menampilkan elemen-elemen utama, seperti entitas, atribut, dan relasi, dalam bentuk diagram yang mudah dipahami. Dengan ERD, desainer basis data dapat mengidentifikasi bagaimana data saling berhubungan serta memastikan struktur data yang dirancang memenuhi kebutuhan sistem. Diagram ini juga sering digunakan untuk mendokumentasikan model konseptual basis data sebelum diimplementasikan secara fisik.

Dalam ERD, entitas direpresentasikan sebagai persegi panjang yang melambangkan objek atau tabel, sedangkan atributnya ditampilkan sebagai elips yang terhubung ke entitas. Hubungan antar entitas digambarkan dengan garis atau berlian yang menunjukkan jenis relasi, seperti satu-ke-satu (1:1), satu-ke-banyak (1:N), atau banyak-ke-banyak (M:N). Diagram ini juga mencakup kunci utama (primary key) dan kunci asing (foreign key) untuk mendefinisikan keterkaitan antar tabel. Dengan struktur yang jelas dan terorganisir, ERD menjadi alat penting dalam proses pengembangan sistem basis data, mulai dari tahap perancangan hingga implementasi dan pemeliharaan.

2.17. Wiring Diagram

Wiring Diagram adalah gambar teknis yang digunakan untuk menunjukkan hubungan dan pengkabelan antara berbagai komponen dalam suatu sistem listrik atau elektronik. Diagram ini memperlihatkan bagaimana kabel atau kawat terhubung dan rute yang diambil untuk menghubungkan komponen seperti sakelar, resistor, motor, panel kontrol, dan sumber daya listrik. Dengan informasi visual yang jelas, wiring diagram mempermudah pemahaman tentang cara kerja suatu rangkaian serta membantu dalam proses perakitan dan pemasangan. Diagram ini juga sering digunakan

oleh teknisi dan insinyur untuk memastikan bahwa sistem listrik dirancang dan dipasang dengan benar sesuai spesifikasi.

Selain untuk pemasangan, wiring diagram juga berfungsi sebagai panduan perawatan dan pemecahan masalah pada sistem yang telah terpasang. Diagram ini menampilkan simbol standar untuk berbagai komponen, sehingga mempermudah identifikasi bagian-bagian dalam rangkaian. Wiring diagram biasanya digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari instalasi rumah tangga, peralatan elektronik, hingga sistem otomasi industri yang lebih kompleks. Dengan dokumentasi yang terstruktur, wiring diagram menjadi alat penting untuk memastikan keandalan dan keselamatan sistem listrik atau elektronik yang dirancang dan dioperasikan.

2.18. *Mist Maker*

Mist Maker adalah perangkat elektronik yang berfungsi untuk menghasilkan kabut atau uap air guna meningkatkan kelembapan udara di sekitarnya. Alat ini bekerja dengan memanfaatkan teknologi ultrasonik yang menggetarkan membran keramik pada frekuensi tinggi untuk memecah air menjadi partikel mikroskopis. Kabut yang dihasilkan tidak hanya berfungsi sebagai pelembap udara, tetapi juga menciptakan suasana yang sejuk dan nyaman di lingkungan sekitarnya. Karena kemampuannya ini, Mist Maker sering digunakan dalam sistem pengendalian kelembapan untuk tanaman, ruangan, atau perangkat inkubasi yang memerlukan tingkat kelembapan stabil.



Gambar 2. 10. Mist Maker

2.19. CO2 Solenoid valve

Solenoid Valve adalah perangkat elektromekanis yang digunakan untuk mengontrol aliran gas atau cairan dalam berbagai aplikasi. Dalam sistem aquascape atau akuarium tanaman, solenoid valve berfungsi mengatur aliran CO₂ dari tabung gas ke dalam akuarium untuk mendukung proses fotosintesis tanaman air. Perangkat ini bekerja dengan memanfaatkan elektromagnet untuk membuka dan menutup katup secara otomatis, sehingga aliran CO₂ dapat diatur sesuai kebutuhan. Penggunaan solenoid valve memungkinkan kontrol yang lebih presisi dan efisien, terutama jika dikombinasikan dengan timer atau sistem otomatisasi lainnya.

Dalam aplikasi aquascape, solenoid valve sering dihubungkan dengan pengatur waktu (timer) untuk memastikan CO₂ hanya dilepaskan pada saat lampu menyala, ketika tanaman melakukan fotosintesis. Hal ini membantu menghemat penggunaan CO₂ dan menjaga kadar gas tetap optimal di dalam akuarium. Selain itu, solenoid valve juga dapat diintegrasikan dengan perangkat pengontrol pH atau sensor CO₂ untuk

otomatisasi yang lebih canggih. Dengan kemampuannya yang andal dan mudah dioperasikan, solenoid valve menjadi komponen penting dalam sistem penyediaan CO₂ untuk akuarium dan aplikasi lainnya yang memerlukan kontrol aliran gas atau cairan yang akurat.



Gambar 2. 11. co2 Solenoid Valve

2.20. Grow Light LED

Merupakan lampu khusus yang dirancang untuk mendukung proses pertumbuhan tanaman dengan menyediakan spektrum cahaya yang optimal. Lampu ini meniru spektrum cahaya matahari atau memancarkan panjang gelombang tertentu yang diperlukan untuk fotosintesis, sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik di lingkungan yang minim cahaya alami. Teknologi yang digunakan dalam grow light, seperti LED (Light Emitting Diode), membuatnya lebih efisien dibandingkan dengan lampu tradisional, karena menghasilkan panas yang lebih sedikit, lebih hemat energi, dan memiliki umur yang lebih panjang. Lampu ini sering digunakan dalam sistem pertanian dalam ruangan, rumah kaca, dan proyek hidroponik.

Selain efisiensinya, grow light juga menawarkan fleksibilitas dalam menyesuaikan spektrum cahaya sesuai kebutuhan tanaman pada berbagai tahap pertumbuhan, mulai dari perkecambahan hingga berbunga. Beberapa model grow light memiliki pengaturan intensitas cahaya dan timer otomatis, yang memungkinkan kontrol pencahayaan yang lebih presisi. Dengan kemampuannya untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil panen, grow light menjadi pilihan ideal bagi petani modern dan penggemar tanaman hias yang ingin menciptakan lingkungan tumbuh yang optimal di dalam ruangan.



Gambar 2. 12. Grow Light LED

2.21. *Pogostemon helferi (downoi)*

Downoi atau *Pogostemon helferi* adalah tanaman aquascape yang sangat populer dalam hobi aquascaping dan budidaya tanaman air. Tanaman ini berasal dari Asia Tenggara dan dikenal dengan daun kecil yang berbentuk kipas dan tumbuh subur di perairan dangkal. *Downoi* tumbuh dengan baik di habitat yang kaya nutrisi dan memerlukan kondisi air yang jernih serta sirkulasi air yang baik. Keindahan tanaman

ini terletak pada bentuknya yang padat dan rapat, menciptakan tampilan yang lebat dan menyatu dengan desain aquascape.

Dalam budidaya aquascape, Downoi sangat cocok untuk digunakan sebagai tanaman latar atau sebagai penutup dasar karena kemampuannya tumbuh cepat dan membentuk karpet hijau yang indah. Tanaman ini juga membutuhkan pencahayaan yang cukup terang dan kadar CO₂ yang stabil untuk mendukung proses fotosintesisnya. Selain itu, Downoi cenderung lebih cocok dalam kondisi emersed (di atas permukaan air) dibandingkan dengan terendam sepenuhnya, meskipun ia dapat tumbuh baik dalam kondisi terendam dengan perhatian terhadap parameter kualitas air. Downoi menjadi pilihan ideal bagi aquascaper yang ingin menciptakan tampilan alam yang lebih natural dan kaya dengan tanaman hijau subur dalam akuarium mereka.



Gambar 2. 13. *pogostemon helferi* aka downoi

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil perbandingan dapat disimpulkan pertumbuhan tanaman dengan teknologi IOT lebih optimal dibandingkan dengan konvensional dari jumlah tunas dan kerapatan daun dan tinggi batangnya.

5.2. Saran

Implementasi teknologi IoT pada pembudidayaan downoi ini masih terdapat kekurangan sehingga dibutuhkan beberapa tambahan diantaranya :

1. pada kedua lingkungan pembudidayaan sebaiknya diberikan sensor yang sama pada masing-masing lingkungan pembudidayaan agar perbandingan untuk memastikan kesetaraan perbandingan.
2. untuk perbandingan selanjutnya disarankan menggunakan sinar matahari untuk sumber cahaya pembudidayaanya.
3. lingkungan pembudidayaan tidak memerlukan injeksi CO₂, dapat dilihat dari hasil pertumbuhan tanaman IoT yang tidak menghasilkan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan lingkungan pembudidayaan konvensional. Tetapi ini dibutuhkan penelitian lebih lanjut, jika warna hijau, lebar daun dan kekeritingan dari daun tersebut diakibatkan oleh CO₂ atau sumber cahaya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tarepunda, N. 2004. Little Star, Aqua Star-the Magnificent One, Pogostemon helferi.
- [2] A. Der Suche and O. Pedersen, “Auf der Suche nach Pogostemon helferi (Hook. f.) Press,” no. January 2008, 2014.
- [3] “Pogostemon helferi.” [Online] Available: <https://tropica.com/en/articles/pogostemon-helferi/>.
- [4] M. Wangwibulkit and S. Vajrodaya, “Ex-situ propagation of Pogostemon helferi (Hook. f.) Press using tissue culture and a hydroponics system,” *Agric. Nat. Resour.*, vol. 50, no. 1, pp. 20–25, 2016, doi: 10.1016/j.anres.2015.11.001.
- [5] L. Summary, “The Effects of Aquatic Plants on Algae Growth, pH, Nitrite, and Phosphate Levels,” p. 2004.
- [6] Sholichah, L., Yamin, M., Ginanjar, R., & Meilisza, N. (2020). Anubias (Anubias sp.) propagation trough hydroponic culture technique. *Journal of Physics: Conference Series*, 1422(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1422/1/012024>
- [7] A. Ikechukwu, “What is IoT? The Internet of Things explained,” no. July 2021, pp. 1–9.
- [8] D. A. K. Karimi, “What the Internet of Things (IoT) Needs to Become a Reality,” *Free. White Pap.*, p. 16, 2013, [Online]. Available: http://www.freescale.com/files/32bit/doc/white_paper/INTOTHNGSWP.pdf

- [9] R. Vivin, N. Riza, A. Erna, D. Astuti, M. Pramudia, dan D. Rahmawati, *Fundamental Internet of Things (IoT) Teori dan Aplikasi*. Penerbit: CV. Eureka Media Aksara, 2023.
- [10] Handson Technology, “WeMOS D1 R32 ESP32 Wi-Fi and Bluetooth Board,” pp. 1–10, [Online]. Available: <https://handsontec.com/dataspecs/module/ESP/WeMos D1 R32.pdf>
- [11] Z. W. E. Technology, “Infrared CO2 Sensor Module Model: MH-Z19B - User’s Manual,” p. 9, 2020, [Online]. Available: www.winsen-sensor.com
- [12] A. G. Humidity and T. Sensor, “Datasheet SHT3xA-DIS Automotive Grade Humidity and Temperature Sensor Fully calibrated , linearized , and temperature compensated digital output I2C Interface with communication speeds up to 1 MHz and two user selectable addresses,” vol. Version 3, no. December, pp. 2 & 4, 2019.
- [13] Priyanto Hidayatullah and Jauhari Khairul Kawistara, *Pemrograman WEB*. Bandung: Informatika, 2017.
- [14] F. Alfaridzi, J. Dedy Irawan, and M. Orisa, “PERANCANGAN SISTEM MANAJEMEN USER HOTSPOT BERBASIS WEB MENGGUNAKAN APPLICATION PROGRAMMING INTERFACE (API) MIKROTIK,” 2022.
- [15] A. Lutfi, “SCHOOL USING PHP AND MYSQL,” 2017.
- [16] C. Sorokin and R. W. Krauss, “The Effects of Light Intensity on the Growth Rates of Green Algae,” *Plant Physiol.*, vol. 33, no. 2, pp. 109–113, 1958, doi: 10.1104/pp.33.2.109.

- [17] “the fight against algae”. [Online]. Available : <https://www.aquariumgardens.co.uk/the-fight-against-algae-38-w.asp#:~:text=Algae smothers plants%2C blocking light,weekly water changes of 50%25>.
- [18] “emersed vs submerged grown aquatic plants for aquascaping.” [Online]. Available : <https://buceplant.com/blogs/aquascaping-guides-and-tips/emersed-vs-submerged-grown-aquatic-plants-for-aquascaping>
- [19] D. R. Taub, “Biology Article Assignment # 2 – Rising Carbon Dioxide Levels and Plants Effects of Rising Atmospheric Concentrations of Carbon Dioxide on Plants,” *Eff. rising Atmos. Conc. carbon dioxide plants*, vol. 3, no. 10, pp. 1–5, 2010.
- [20] “Emersed plants questions” [Online]. Available: <https://www.ukaps.org/forum/threads/emersed-plants-questions.69839/>
- [21] N. E. Debouza and T. Ksiksi, “The impact of elevated temperatures and CO 2 on seed germination and early plant morphology : The case of native Fabaceae plants in the UAE,” pp. 1–9, 2024, doi: 10.3897/ia.2024.135233.
- [22] A. Nio Song, “Evolusi Fotosintesis pada Tumbuhan,” *J. Ilm. Sains*, vol. 12, no. 1, p. 28, 2012, doi: 10.35799/jis.12.1.2012.398.
- [23] M. Navvab, “Daylighting aspects for plant growth in interior environments,” *Light Eng.*, vol. 17, no. 1, pp. 46–54, 2009.
- [24] S. Klongdee, P. Netinant, and M. Rukhiran, “Evaluating the Impact of Controlled Ultraviolet Light Intensities on the Growth of Kale Using IoT-Based Systems,” *Internet of Things*, vol. 5, no. 2, pp. 449–477, 2024, doi: 10.3390/iot5020021.

[25] J. Brittnacher, “Grow Venus flytraps indoors,” *Carniv. Plant Newsl.*, vol. 48, no. 4, pp. 178–182, 2019, doi: 10.55360/cpn484.jb249.