

SKRIPSI

**SISTEM KONTROL DAN MONITORING TANAMAN
AEROPONIK BERBASIS IOT MENGGUNAKAN NODE RED**

Disusun dan diajukan oleh:

**SYAHRIL SAPUTRA
D121 18 1 005**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

SISTEM KONTROL DAN MONITORING TANAMAN AEROPONIK BERBASIS IOT MENGGUNAKAN NODE RED

Disusun dan diajukan oleh

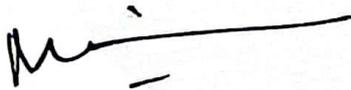
Syahril Saputra
D121181005

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 8 Maret 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Dr. Eng. Muhammad Niswar, S.T., M.IT.
NIP 19730922 199903 1 001



Iqra Aswad, S.T., M.T.
NIP 19901128 201904 3 001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Ir. Indrabayati, S.T., M.T., M.Bus.Sys., IPM, ASEAN. Eng.
NIP 19750716 200212 1 004

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Syahril Saputra

NIM : D121181005

Program Studi : Teknik Informatika

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{Sistem Kontrol dan Monitoring Tanaman Aeroponik Berbasis IoT Menggunakan Node Red}

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 8 Maret 2024

Yang Menyatakan



Syahril Saputra

ABSTRAK

SYAHRIL SAPUTRA. *Sistem Kontrol dan Monitoring Tanaman Aeroponik Berbasis IoT Menggunakan Node Red* (dibimbing oleh Muhammad Niswar dan Iqra Aswad)

Pertanian aeroponik secara manual masih menimbulkan beberapa tantangan yang perlu diatasi. Salah satunya adalah perlunya perhatian dan pemantauan yang intensif. Maka dari itu, perlu dibuat sebuah sistem yang dapat mengatasi tantangan tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membangun sistem yang dapat membantu dalam memonitoring dan mengontrol tanaman aeroponik berbasis website dengan mengimplementasikan teknologi Internet of Things dan Node-RED.

Sistem yang dirancang menggunakan NodeMCU dan Raspberry pi yang akan menjadi server dari Node-RED. NodeMCU mengirim data melalui protokol MQTT dan ditampilkan pada website yang dibangun dengan Node-RED. Pengguna menginputkan data pemberian pupuk pada tanaman. Data tersebut dikirim ke NodeMCU melalui protokol MQTT dan NodeMCU akan mengatur pemberian nutrisi berdasarkan data yang diterima.

Pengujian pada penelitian ini dilakukan dengan menguji sistem dan akurasi pembacaan data. Pengujian sistem dilakukan dengan menguji fitur kontrol dan monitoring tanaman sedangkan pengujian akurasi pembacaan data dilakukan dengan membandingkan data dari sistem dengan data dari alat ukur. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik dan memenuhi tujuan dari penelitian ini.

Kata Kunci : Node-RED, Internet of Things, Aeroponik, NodeMCU, Raspberry pi, Sistem kontrol dan monitoring

ABSTRACT

SYAHRIL SAPUTRA. *Aeroponics Plant IoT-Based Control and Monitoring System Using Node-RED* (supervised by Muhammad Niswar and Iqra Aswad)

Manual aeroponic farming still poses some challenges that need to be overcome. One of them is the need for intensive attention and monitoring. Therefore, it is necessary to create a system that can overcome these challenges.

The purpose of this research is to build a system that can assist in monitoring and controlling website-based aeroponic plants by implementing Internet of Things technology and Node-RED.

The system designed uses NodeMCU and Raspberry pi which will be the server of Node-RED. NodeMCU sends data through the MQTT protocol and is displayed on a website built with Node-RED. The user inputs data on fertilizer application to plants. The data is sent to the NodeMCU via the MQTT protocol and the NodeMCU will manage the provision of nutrients based on the data received.

Testing in this study was carried out by testing the system and the accuracy of data reading. System testing is done by testing the control and monitoring features of plants while testing the accuracy of data reading is done by comparing data from the system with data from measuring instruments. The results of this research show that the system can work well and fulfill the objectives of this research.

Keyword: Node-RED, Internet of Things, Aeroponik, NodeMCU, Raspberry pi, Control and monitoring system.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
KATA PENGANTAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan.....	3
1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan.....	4
1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Aeroponik.....	5
2.2 TDS	6
2.3 Asam dan Basa.....	6
2.4 Potential of Hydrogen	7
2.5 Pakcoy (<i>Brassica rapa</i> L)	7
2.6 Internet of Things (IoT)	10
2.7 JavaScript	11
2.8 Node JS	12
2.9 Mongo DB.....	13
2.10 Node-RED.....	14
2.11 Rasberry Pi	15
2.12 NodeMCU	17
2.13 Multiplexer 16 channel CD74HC4067	20
2.14 Sensor Analog TDS DFRobot.....	21
2.15 Sensor Analog pH DFRobot V2	22
2.16 Sensor DS18B20 Digital Temperature DFRobot.....	25
2.17 Sensor Non-contact <i>Liquid Detector</i> DFRobot.....	25
2.18 Sensor DHT 22.....	26
2.19 Pompa Air Mini <i>High Pressure</i> DC 12V.....	27
2.20 Pompa Air DC 5V	29
2.21 Modul Relay.....	30
2.22 Message Queuing Telemetry Teleport (MQTT)	31
2.23 RMSE.....	32
BAB III METODE PENELITIAN/PERANCANGAN	34
3.1 Tahapan Penelitian	34
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian	35
3.3 Instrumen Penelitian	36
3.4 Perancangan Sistem	37

3.5 Skenario Pengujian.....	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	50
4.1 Hasil Rancang Bangun Alat	50
4.2 Media Tanam	51
4.3 Tampilan Website	52
4.4 Pengujian Sistem.....	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	66
5.1 Kesimpulan	66
5.2 Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Perbedaan Raspberry model A+ dan B+	15
Gambar 2. Pin NodeMCU	19
Gambar 3. Multiplexer 16 <i>channel</i> CD74HC4067	20
Gambar 4. Sensor analog TDS DFRobot	22
Gambar 5. Sensor DF Robot Gravity pH	24
Gambar 6. Sensor Non-contact liquid detector	26
Gambar 7. Sensor DHT22	27
Gambar 8. Pompa air mini <i>high pressure</i> DC 12V	28
Gambar 9. Modul Relay	31
Gambar 10. Alur penelitian	34
Gambar 11. Desain halaman monitoring	39
Gambar 12. Desain halaman kontrol	40
Gambar 13. Desain media tanam	42
Gambar 14. Desain rangkaian	44
Gambar 15. Flowchart Node-RED	47
Gambar 16. Flowchart NodeMCU	48
Gambar 17. Hasil rancangan alat	50
Gambar 18. Media tanam	51
Gambar 19. Tampilan halaman monitoring	52
Gambar 20. Tampilan halaman kontrol	53
Gambar 21. Grafik perbandingan alat ukur dan sensor	55
Gambar 22. Grafik error pengukuran sensor TDS	55
Gambar 23. Grafik perbandingan sensor pH dan alat ukur	57
Gambar 24. Grafik error pengukuran sensor pH	57
Gambar 25. Grafik perbandingan alat ukur dan sensor	59
Gambar 26. Grafik error pengukuran sensor suhu	59
Gambar 27. Grafik perbandingan alat ukur dan sensor DHT22	61
Gambar 28. Grafik error pengukuran sensor DHT22	61
Gambar 29. Pengujian sensor liquid detector	62
Gambar 30. Perbandingan metode aeroponik dan NFT	65

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesifikasi NodeMCU	19
Tabel 2. Spesifikasi Pompa <i>High Pressure</i>	29
Tabel 3. Desain database	42
Tabel 4. Data perbandingan hasil baca sensor TDS dan alat ukur	53
Tabel 5. Data perbandingan sensor pH dan alat ukur	56
Tabel 6. Grafik error pengukuran sensor pH	58
Tabel 7. Data perbandingan sensor DHT22 dan alat ukur	60
Tabel 8. Data kondisi TDS cairan	62
Tabel 9. Data pengujian pompa cairan	63
Tabel 10. Data perbandingan sistem aeroponik dan NFT	65

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
IoT	<i>Internet of Things</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
QR Code	<i>Quick Response Code</i>
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>
TDS	<i>Total Dissolved Solid</i>
PPM	<i>Part Per Million</i>
pH	<i>Potential of Hydrogen</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
CSS	<i>Cascading Style</i>
AJAX	<i>Asynchronous JavaScript and XML</i>
SQL	<i>Structure Query Language</i>
NoSQL	<i>Not Only SQL</i>
CRUD	<i>Create, Read, Update, Delete</i>
RDSMS	<i>Relational Data storage Management System</i>
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Teleport</i>
QoS	<i>Quality of Service</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
SDRAM	<i>Synchronous dynamic random access memory</i>
ARM	<i>Advance RISC Machine</i>
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
GPU	<i>Graphics Processing Unit</i>
RAM	<i>Random Access Memory</i>
SDK	<i>Software Development Kit</i>
MHz	Mega Hertz
GHz	Giga Hertz
mA	<i>Mili Ampere</i>
V	Volt
Kb	Kilobyte

Gb	Gigabyte
mm	<i>millimeter</i>
cm	<i>centimeter</i>
ml	<i>milliliter</i>
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i>
I/O	<i>Input/Output</i>
ADC	<i>Analog to Digital Converter</i>
AC	<i>Alternating Current</i>
DC	<i>Direct Current</i>
A	<i>Ampere</i>
PVC	<i>Polyvinyl Chloride</i>
HVAC	<i>Heating, Ventilation, and Air Conditioning</i>
RMSE	<i>Root Mean Square Error</i>
OS	<i>Operating System</i>
SSD	<i>Solid State Drive</i>
NVMe	<i>Non-Volatile Memory Express</i>
HDMI	<i>High-Definition Multimedia Interface</i>
GPIO	<i>General Purpose Input/Output</i>
SDRAM	<i>Synchronous dynamic random access memory</i>
NFT	<i>Nutrient Film Technique</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Penanaman Pakcoy	71
Lampiran 2 Kode NodeMCU	71
Lampiran 3 Kode Node setData pada Node-Red	76
Lampiran 4 Kode Node Aeroponics pada Node-RED	77
Lampiran 5 Kode Node Delete Data Table pada Node-RED	83
Lampiran 6 Kode Node Interval Save To DB pada Node-RED	83
Lampiran 7 Flow Node Red	84
Lampiran 8 Hasil Data Status Pompa Sistem	84
Lampiran 9 Berita Acara Seminar Hasil	87
Lampiran 10 Berita Acara Ujian Tutup	91
Lampiran 11 Lembar Perbaikan Skripsi	95

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala nikmat dan karuniaNya sehingga Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Sistem Kontrol dan Monitoring Tanaman Aeroponik Berbasis IoT Menggunakan Node Red”.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini penulis mendapat banyak sekali bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada :

- 1) Tuhan Yang Maha Esa atas semua berkat, karunia serta pertolongan-Nya yang tiada batas, yang telah diberikan kepada penulis disetiap langkah dalam pengerjaan tugas akhir ini.
- 2) Kedua orang tua penulis serta saudara penulis, serta keluarga yang senantiasa memberikan kekuatan, motivasi, bimbingan moral, materi, kepercayaan dan kasih sayang yang tidak terbatas kepada penulis.
- 3) Bapak Dr. Eng. Ir. Muhammad Niswar, S.T., M.InfoTech. selaku pembimbing I yang telah memberikan banyak bimbingan, motivasi dan masukan yang bermanfaat kepada penulis.
- 4) Bapak Iqra Aswad S.T, M.T., selaku pembimbing II yang telah memberikan banyak bimbingan, motivasi dan masukan yang bermanfaat kepada penulis. xi
- 5) Bapak Prof. Dr. Ir. Indrabayu S.T., M.T., M.Bus.Sys., IPM, ASEAN. Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas bantuan dan bimbingannya selama masa perkuliahan penulis.
- 6) Bapak Adnan, S.T, M.T, Ph.D., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan selama masa perkuliahan penulis.
- 7) Bapak dan ibu dosen Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas bimbingan, arahan dan didikannya selama masa perkuliahan.
- 8) Bapak Robert, Bapak Zainuddin, dan Ibu Yuanita, Ibu Arizha, serta segenap staff Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu kelancaran penyelesaian tugas akhir penulis.

- 9) Kanda Riswandi yang telah banyak memberikan nasihat dan bantuan selama proses pengerjaan tugas akhir ini.
- 10) Teman-teman Synchoronous 2018 yang telah memberikan nasihat, bantuan dan semangat selama proses penyelesaian tugas akhir ini.
- 11) Semua Orang yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis namun tidak sempat disebutkan. Dalam menyusun tugas akhir ini, penulis tidak terlepas dari kesalahan sebagai manusia, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca.

Gowa, 8 Maret 2024

Penulis

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

IoT merupakan ide dimana beragam perangkat dengan sensor terkoneksi melalui internet guna melakukan pengumpulan, pengiriman, penyimpanan, dan penerimaan data secara bersinergi (Kelly et al., 2020). Proses transfer data dalam IoT dilakukan dengan berbagai macam teknologi. Misalnya seperti sensor, QR Code, hingga RFID yang ada di sebuah perangkat. Dengan menghubungkan berbagai teknologi menggunakan koneksi internet, IoT bisa memudahkan kehidupan sehari-hari. Sebab, perangkat yang terkoneksi bisa mengumpulkan dan menganalisa data untuk melakukan perintah anda secara otomatis.

Penggunaan IoT di berbagai sektor telah mengubah cara manusia berinteraksi dengan lingkungan, termasuk di pertanian. Dalam sektor ini, IoT memiliki potensi besar untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan keberlanjutan. Teknologi ini memungkinkan pengumpulan dan pertukaran data otomatis melalui internet dari berbagai sensor dan perangkat, membuka peluang untuk mengoptimalkan produksi pertanian secara cerdas dan efisien (Villa-Henriksen et al., 2020). Teknologi IoT memungkinkan petani untuk memantau kondisi tanaman dan lingkungannya secara langsung dan *real-time*. Hal ini sangat bermanfaat untuk metode pertanian inovatif seperti aeroponik, dimana tanaman ditanam di udara tanpa tanah. Penggunaan IoT dapat meningkatkan hasil panen dan efisiensi penggunaan sumber daya. Sensor-sensor IoT dapat mengukur faktor-faktor penting seperti suhu, kelembaban, dan tingkat nutrisi. Data-data ini dapat digunakan untuk menyesuaikan kebutuhan tanaman secara tepat waktu dan mendeteksi potensi masalah pertumbuhan sejak dini.

Metode pertanian aeroponik, yang tidak menggunakan media tanah dan mengandalkan semprotan nutrisi, telah membuktikan potensi yang menjanjikan dalam menghemat air, mengendalikan hama, dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Pada aeroponik, tanaman disemprot dengan larutan nutrisi yang berukuran molekul kecil, sehingga lebih mudah diserap oleh akar tanaman. Meskipun begitu, seperti banyak sistem pertanian lainnya, penerapan pertanian

aeroponik secara manual masih menimbulkan beberapa tantangan yang perlu diatasi (Muhibbuddin et al., 2023). Salah satunya adalah perlunya perhatian dan pemantauan yang intensif. Dalam sistem aeroponik manual, petani harus secara rutin memeriksa dan mengatur nutrisi, sebuah tugas yang bisa sangat melelahkan dan memakan waktu, terutama jika sistemnya besar. Selain itu, risiko kesalahan manusia meningkat, karena sistem ini sangat bergantung pada kontrol manual, sehingga potensi kesalahan dalam pengukuran nutrisi dapat mengganggu pertumbuhan tanaman dan mengurangi hasil panen yang diharapkan (Anggraini et al., 2023). Maka dari itu, penerapan teknologi IoT dan platform Node-RED menjadi sangat penting dalam mengatasi tantangan tersebut.

Node-RED adalah sebuah alat pengembangan visual berbasis *website* yang digunakan untuk membuat alur kerja (*workflow*) dan aplikasi berbasis IoT. Alat ini memungkinkan pengguna untuk menghubungkan berbagai perangkat keras, layanan *online*, dan data melalui antarmuka yang intuitif, tanpa memerlukan pemrograman yang rumit. Node-RED diciptakan untuk mempermudah proses pengembangan sistem terotomatisasi dan aplikasi IoT dengan cara yang lebih visual dan mudah dipahami oleh berbagai kalangan, termasuk para *non-programmer* (OpenJS Foundation & contributors, n.d.).

Dalam Node-RED, alur kerja dibuat dengan cara menambahkan dan menghubungkan node-node berdasarkan fungsi dan tujuan yang diinginkan. Node-node ini dapat mewakili perangkat keras, layanan web, operasi logika, manipulasi data, dan banyak fungsi lainnya. Pengguna dapat dengan mudah menambahkan node, menghubungkannya, dan mengonfigurasi pengaturan sesuai dengan kebutuhan menggunakan antarmuka *drag and drop*.

Salah satu keunggulan utama dari Node-RED adalah kemampuan untuk mempermudah integrasi antara berbagai perangkat dan layanan. Node-RED telah mendukung berbagai protokol dan perangkat keras, sehingga pengguna dapat menghubungkan perangkat IoT, sensor, aktuator, dan layanan online dengan mudah dalam alur kerja yang sama. Ini sangat bermanfaat dalam mengembangkan solusi IoT yang kompleks tanpa harus menghadapi kendala teknis yang rumit.

Penerapan Node-RED pada sistem pertanian aeroponik memiliki dampak yang signifikan dalam meningkatkan pengendalian dan pemantauan dalam

pertumbuhan tanaman. Dengan antarmuka visual yang mudah digunakan dan pengembangan aplikasi yang cepat, para petani dapat dengan mudah dan cepat dalam mengatur alur kerja yang kompleks untuk mengendalikan parameter lingkungan (Manalu et al., 2021).

Berdasarkan hal tersebut, muncul sebuah gagasan untuk membuat sebuah sistem untuk memantau dan mengendalikan cairan aeroponik berbasis *website*. Sistem yang dibuat dapat menampilkan kondisi cairan aeroponik seperti kondisi suhu, TDS, dan pH cairan aeroponik dengan memanfaatkan Node-RED sebagai *user interface* sehingga memudahkan pengguna dalam memantau kondisinya. Selain itu, Sistem ini juga dapat mengontrol TDS pada cairan aeroponik. Pengguna dapat menginputkan batas TDS sesuai dengan tanamannya kemudian sistem akan mengatur kondisi TDS pada cairan aeroponik sesuai dengan inputan dari pengguna.

Penelitian ini juga menggunakan NodeMCU dan Raspberry pi. NodeMCU adalah sebuah platform pengembangan *open source* yang berbasis pada mikrokontroler ESP8266. Sedangkan Raspberry Pi adalah *single board computer* yang memiliki kemampuan komputasi untuk menjalankan berbagai jenis tugas. NodeMCU memiliki kemampuan untuk terhubung ke WiFi sehingga NodeMCU dapat berkomunikasi dengan perangkat lain termasuk Raspberry pi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana membangun sistem yang dapat membantu dalam melakukan *monitoring* cairan aeroponik dan *kontrol* TDS cairan aeroponik berbasis *website*?
2. Bagaimana mengimplementasikan IoT dan Node-RED dalam sistem pertanian dengan metode aeroponik.
3. Bagaimana tingkat akurasi sistem dalam menampilkan kondisi cairan aeroponik dan mengatur kondisi TDS cairan aeroponik.

1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui cara membangun sistem yang dapat membantu dalam melakukan *monitoring* cairan aeroponik dan *kontrol* TDS cairan aeroponik berbasis *website* menggunakan Node-RED.
2. Mengetahui cara mengimplementasikan IoT dan Node-RED dalam sistem pertanian dengan metode aeroponik.
3. Mengetahui tingkat akurasi sistem dalam menampilkan kondisi cairan aeroponik dan mengatur kondisi TDS cairan aeroponik.

1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan

1. Meningkatkan pemahaman tentang pengimplementasian IoT dan Node-RED pada sistem pertanian dengan metode aeroponik.
2. Membantu dalam melakukan *monitoring* cairan aeroponik dan *kontrol* TDS cairan aeroponik.

1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan

1. Tanaman yang digunakan pada penelitian ini adalah pakcoy.
2. Variabel yang dimonitoring yaitu suhu, TDS, pH, dan persediaan cairan aeroponik, juga suhu disekitar tanaman dan persediaan pupuk.
3. Variabel yang dikontrol adalah TDS cairan aeroponik.
4. Mikrokontroller yang digunakan NodeMCU esp8266.
5. Sistem yang akan dibuat merupakan sistem berbasis website.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aeroponik

Aeroponik adalah cara inovatif dan efisien dalam pertanian yang tidak menggunakan tanah. Dalam metode ini, akar tanaman dibiarkan menggantung di udara dan disemprotkan dengan larutan nutrisi. Dalam beberapa dekade terakhir, aeroponik telah menerima perhatian yang lebih besar sebagai metode pertanian yang produktif dan berkelanjutan. Hal ini dikarenakan aeroponik memungkinkan pertumbuhan tanaman yang cepat, penggunaan nutrisi yang efisien, serta pengendalian lingkungan yang lebih baik (Číž & Komárk, 2022).

Keuntungan utama metode aeroponik adalah penggunaan air yang lebih efisien dibandingkan dengan metode pertanian tradisional. Dalam sistem aeroponik, air dan nutrisi disemprotkan secara berkala pada akar tanaman, sehingga mengurangi pemborosan air yang umum terjadi dalam metode irigasi konvensional. Hal ini membuat aeroponik menjadi metode yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (Tunio et al., 2021).

Keuntungan lain dari metode aeroponik yaitu paparan oksigen maksimum untuk akar. Akar udara memiliki akses yang konsisten ke oksigen di udara. Ini mencegah pembusukan akar dan mendukung pertumbuhan yang cepat, terutama pada tanaman yang membutuhkan banyak oksigen. Selain itu, penyerapan nutrisi lebih baik. Kemudian metode aeroponik juga membutuhkan sedikit ruang. Penumpukan aeroponik secara vertikal memungkinkan penggunaan ruang yang minimal. Metode aeroponik dapat menjadi pilihan yang tepat dan sangat cocok untuk hunian perkotaan atau apartemen (Li, 2023).

Suhu udara dalam sistem aeroponik dapat dikendalikan dengan lebih baik daripada dalam metode tanaman tanah. Ini memungkinkan pengaturan optimal untuk pertumbuhan tanaman, mengurangi risiko penyakit dan meningkatkan hasil panen. Dalam sistem aeroponik, kelembaban yang tinggi juga membantu mengurangi penguapan dan mempertahankan kelembaban yang lebih konsisten pada akar tanaman (Luo et al, 2020).

Aeroponik juga mengurangi risiko terjadinya hama dan penyakit tanaman. Dengan menggunakan nutrisi yang terdispersi dalam udara, tanaman tidak memiliki kontak langsung dengan tanah, yang merupakan sumber utama infeksi dan penyebaran penyakit. Ini mengurangi kebutuhan akan penggunaan pestisida dan fungisida, menjadikan aeroponik sebagai metode yang lebih aman dan organik.

Dalam konteks aeroponik, skala produksi dapat ditingkatkan secara signifikan. Dengan menggunakan sistem aeroponik, tanaman dapat ditempatkan dalam lapisan yang lebih padat, mengoptimalkan penggunaan ruang yang tersedia. Hal ini memungkinkan produksi tanaman yang lebih tinggi dalam area yang lebih kecil, sehingga meningkatkan efisiensi dan profitabilitas pertanian (Denanta et al., n.d.).

2.2 TDS

TDS mengacu pada total padatan yang larut dalam air berupa ion. TDS adalah konsentrasi jumlah ion kation (bermuatan positif) dan anion (bermuatan negatif) di dalam air. Materi padatan terlarut ini dapat berasal dari berbagai sumber, seperti sulfat, klorida, karbonat, bikarbonat, nitrat, fosfat, natrium, magnesium, dan ion organik lainnya (Musdalifah, 2022). Pengukuran TDS berguna untuk menilai kualitas umum dari air karena dapat memberikan gambaran tentang jumlah ion yang terkandung dalam air. Pada penggunaan pupuk AB mix, parameter yang digunakan untuk pengukuran jumlah pupuk adalah TDS dengan satuan PPM. Semakin banyak pupuk AB mix yang terlarut dalam air, semakin tinggi TDS dari air tersebut. Pada tanaman pakcoy, nilai TDS yang diperlukan untuk nutrisinya yaitu berada pada rentang 1050 PPM sampai dengan 1400 PPM (Siregar, 2018).

2.3 Asam dan Basa

Asam adalah substansi yang jika dilarutkan dalam air akan terurai menjadi ion H^+ . Sebagai contoh, ketika hidrogen klorida (HCl) dilarutkan dalam air, akan menghasilkan ion H^+ dan ion Cl^- . Dalam konteks kimia modern, asam dianggap sebagai senyawa yang jika dilarutkan dalam air, memiliki pH kurang dari 7.

Basa adalah substansi yang jika dilarutkan dalam air, akan menghasilkan ion OH⁻. Contohnya, ketika natrium hidroksida (NaOH) dilarutkan dalam air, akan terurai menjadi ion Na⁺ dan ion OH⁻. Ketika basa bereaksi dengan asam, mereka membentuk senyawa "garam". Basa merupakan senyawa yang jika dilarutkan di dalam air memiliki pH lebih dari 7 (Novita, 2022).

2.4 Potential of Hydrogen

Potential of Hydrogen atau pH merupakan konsentrasi ion hidrogen (H⁺) dalam suatu larutan. Semakin tinggi konsentrasi ion hidrogen, semakin rendah nilai pH, dan sebaliknya. Skala pH berkisar dari 0 hingga 14, di mana nilai 7 dianggap netral, nilai di bawah 7 menunjukkan keasaman, dan nilai di atas 7 menunjukkan alkalinitas atau kebasaaan (Oryzae, n.d.). pH bersifat logaritmik, yang berarti setiap peningkatan satu unit pada skala pH mewakili peningkatan sepuluh kali lipat dalam konsentrasi ion hidrogen. Misalnya, larutan dengan pH 5 memiliki konsentrasi ion hidrogen sepuluh kali lipat lebih tinggi daripada larutan dengan pH 6.

pH memiliki peran penting dalam berbagai bidang, termasuk kimia, biologi, pertanian, dan industri. Di bidang kimia, pH merupakan faktor penting dalam menentukan sifat-sifat kimia dari suatu larutan, seperti kelarutan senyawa-senyawa, aktivitas enzim, dan reaksi redoks. Dalam bidang biologi, pH sangat memengaruhi fungsi enzim dan protein serta lingkungan seluler secara keseluruhan. Kondisi pH yang tepat juga penting dalam pertanian, di mana pH tanah dapat memengaruhi ketersediaan nutrisi bagi tanaman. Misalnya, tanaman tertentu mungkin lebih baik tumbuh dalam tanah yang sedikit asam (pH rendah), sedangkan tanaman lainnya mungkin membutuhkan lingkungan yang lebih basa (pH tinggi). Contohnya pada tanaman pakcoy yang membutuhkan pH 7 untuk tumbuh optimal (Siregar, 2018).

2.5 Pakcoy (*Brassica rapa* L)

Pakcoy, atau *Brassica rapa* L., adalah jenis sayuran yang termasuk dalam keluarga Brassicaceae. Tanaman ini berasal dari China dan telah dibudidayakan secara luas di China Selatan, China Pusat, dan Taiwan sejak abad ke-5. Meskipun merupakan introduksi baru di Jepang, pakcoy masih memiliki hubungan keluarga dengan sayuran China. Saat ini, pakcoy telah menjadi populer dan dikembangkan

luas di berbagai negara Asia Tenggara, termasuk Filipina, Malaysia, Indonesia, dan Thailand.

Sawi pakcoy memiliki berbagai kandungan gizi yang membuatnya diminati oleh berbagai kalangan, mulai dari anak-anak hingga orang tua. Sayuran ini kaya akan protein, lemak, karbohidrat, kalsium, fosfor, besi, serta vitamin A, B, C, E, dan K. Kandungan gizinya yang sangat baik membuatnya sangat berguna untuk menjaga kesehatan, terutama bagi ibu hamil untuk mencegah anemia. Selain itu, pakcoy juga dikenal dapat membantu melawan hipertensi, penyakit jantung, dan mengurangi risiko berbagai jenis kanker (Nurawalia, 2023).

Klasifikasi tanaman pakcoy mengacu pada sistem taksonomi yang digambarkan Lia Aryanto pada tahun 2020 (Aryanto, 2020). Berdasarkan sistem ini, pakcoy masuk ke dalam Kingdom Plantae, yang merupakan kerajaan organisme tumbuhan. Selanjutnya, dalam divisi Magnoliophyta, yang mencakup tumbuhan berbunga atau angiosperma. Pakcoy termasuk dalam kelas Magnoliopsida, yang merupakan salah satu dari dua kelas utama angiosperma. Dalam ordo Rhoadales, yang sekarang lebih umum dikenal sebagai Brassicales, pakcoy termasuk dalam keluarga Brassicaceae. Genus pakcoy adalah Brassica, yang juga mencakup varietas sayuran lainnya seperti sawi putih dan sawi hijau. Spesies tanaman pakcoy secara spesifik adalah *Brassica chinensis* L., yang mengidentifikasi varietas pakcoy yang dikenal sebagai sayuran daun yang kaya gizi dan sering digunakan dalam berbagai hidangan. Dengan menggunakan sistem taksonomi ini, para ilmuwan dan petani dapat dengan jelas mengidentifikasi dan mengelompokkan tanaman pakcoy dalam hierarki tumbuhan yang lebih luas.

Pakcoy, yang juga dikenal dengan sebutan sawi sendok, memiliki daun yang tebal dan renyah saat dikonsumsi, sehingga banyak digunakan dalam berbagai hidangan dan juga sebagai hiasan. Tanaman ini memiliki batang yang gemuk dan berdaging, dengan tinggi mencapai 15 cm sampai dengan 30 cm. Klasifikasi taksonomi tanaman pakcoy mencakup Kingdom Plantae, divisi Magnoliophyta, kelas Magnoliopsida, ordo Rhoadales (Brassicales), keluarga Brassicaceae, genus Brassica, dan spesies *Brassica chinensis* L.

Selain nutrisi yang mencukupi, pakcoy juga memiliki beberapa manfaat farmakologis yang baik untuk kesehatan. Kandungan vitamin A membantu

menjaga kesehatan mata, sementara vitamin K berperan dalam proses pembekuan darah. Vitamin E dalam pakcoy juga berkontribusi dalam menjaga kesehatan sel-sel kulit, melindungi dari kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas.

Peningkatan kesadaran masyarakat akan manfaat kesehatan yang ditawarkan oleh pakcoy telah mendorong permintaan akan sayuran ini. Data dari Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa produksi pakcoy terus meningkat dari tahun ke tahun. Pada tahun 2017 memiliki produksi sebesar 627.598 ton, pada tahun 2018 mengalami peningkatan menjadi 635.990 ton, dan peningkatan produksi ini mencerminkan popularitas pakcoy sebagai pilihan makanan sehat di masyarakat (Nurawalia, 2023).

Pupuk berperan sangat penting dalam pertumbuhan dan produksi tanaman pakcoy. Tanaman pakcoy, yang memiliki siklus hidup singkat dengan umur panen sekitar 40-50 hari setelah ditanam, membutuhkan suplai nutrisi yang cukup untuk tumbuh dan berkembang dengan baik. Pupuk organik cair juga mengandung mikroorganisme yang berperan dalam dekomposisi bahan organik, yang pada gilirannya meningkatkan nutrisi tanah yang tersedia untuk tanaman. Mikroorganisme ini membantu merombak bahan organik menjadi bentuk yang lebih mudah diserap oleh tanaman. Selain itu, penggunaan Pupuk Organik Cair pada dosis yang tepat dan sesuai dapat memberikan manfaat bagi pertumbuhan dan produksi tanaman Pakcoy. Pupuk organik cenderung bersifat lambat dalam menyediakan hara bagi tanaman, maka dari itu penggunaan organik harus diberikan pada dosis yang tepat dan sesuai (Pandaleke et al., 2023).

Tanaman pakcoy yang dibudidayakan dalam sistem aeroponik membutuhkan lingkungan nutrisi yang tepat untuk pertumbuhannya. Salah satu faktor penting adalah tingkat pH air yang ideal, yang harus diatur sekitar 7 agar cocok dengan kebutuhan tanaman. Selain itu, konsentrasi TDS (Total Dissolved Solids) dalam larutan nutrisi juga perlu diperhatikan, dengan rentang optimal antara 1050 hingga 1400 ppm. Dengan memastikan pH dan TDS berada dalam kisaran yang diinginkan, tanaman pakcoy akan menerima nutrisi yang cukup untuk pertumbuhan yang sehat dan produktif dalam sistem aeroponik (Siregar, 2018).

2.6 Internet of Things (IoT)

IoT merujuk pada jaringan perangkat fisik yang terhubung melalui internet, memungkinkan pengumpulan dan pertukaran data secara otomatis. Konsep ini telah mengubah cara kita berinteraksi dengan dunia di sekitar kita. Berbagai perangkat seperti sensor, alat pengukur, kendaraan, dan perangkat rumah tangga dapat saling berkomunikasi dan bertindak secara cerdas.

Salah satu keunggulan utama IoT adalah kemampuannya untuk mengumpulkan dan menganalisis data secara real-time melalui sensor yang ditempatkan pada perangkat IoT. Menurut Hari Mantik, Di era Industri 4.0, konsep IoT telah membuka peluang yang luas untuk mengembangkan ekosistem terintegrasi di berbagai sektor kehidupan. Dalam konteks ini, IoT merujuk pada jaringan perangkat elektronik yang terhubung melalui internet, mampu berkomunikasi dan bertukar data tanpa intervensi manusia (Mantik, 2022).

Seiring dengan perkembangan teknologi, kita telah melihat implementasi IoT di berbagai bidang, termasuk rumah pintar, kesehatan, transportasi, dan industri. Contoh konkrit termasuk perangkat rumah yang dapat dikendalikan dari jarak jauh, sistem kesehatan yang memantau kondisi pasien secara real-time, kendaraan otonom yang mengoptimalkan perjalanan, serta pabrik pintar yang mengotomatiskan proses produksi. IoT semakin menjadi cerdas dan memiliki kemampuan untuk mengambil keputusan berdasarkan data yang dikumpulkan. Dalam beberapa situasi, IoT dapat menggantikan peran manusia dalam tugas-tugas rutin dan repetitif. Meskipun demikian, peran manusia tetap sangat penting dalam merancang, mengembangkan, mengelola, dan mengawasi sistem IoT ini. Selain itu, kebijakan pengaturan, keamanan data, dan etika tetap merupakan tantangan yang perlu diatasi dalam penerapan luas IoT.

Dalam konteks aeroponik, IoT dapat digunakan untuk memantau dan mengontrol parameter penting seperti kelembaban udara, suhu, pH, dan kepadatan cairan aeroponik. Dengan adanya IoT, petani aeroponik dapat mengakses data dan mengontrol sistem budidaya tanaman secara jarak jauh melalui perangkat mobile atau komputer. Mereka dapat memonitor kondisi tanaman dan mengambil tindakan yang diperlukan, seperti penyemprotan nutrisi tambahan atau penyesuaian suhu, tanpa harus berada di tempat budidaya.

Integrasi IoT dengan aeroponik juga memungkinkan penggunaan teknologi otomatisasi yang canggih. Misalnya, dengan menggunakan sistem cerdas, pengaturan otomatis dapat dilakukan untuk menyempatkan nutrisi pada waktu yang tepat, berdasarkan data yang dikumpulkan oleh sensor IoT. Ini membantu meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi dan memberikan solusi presisi untuk pemeliharaan tanaman.

2.7 JavaScript

JavaScript adalah bahasa pemrograman yang dimanfaatkan oleh pengembang untuk menciptakan halaman web yang responsif. Dari melakukan pembaruan pada aliran media sosial hingga memamerkan animasi menarik serta peta interaktif, kemampuan JavaScript mampu meningkatkan tingkat keterlibatan pengguna dalam sebuah situs web. Sebagai bahasa skrip yang berjalan di sisi klien, JavaScript merupakan salah satu teknologi inti yang mendasari *World Wide Web*. Contohnya, ketika Anda menjelajahi *internet* dan menemui elemen-elemen seperti *carousel* gambar, menu tarik-turun interaktif, atau perubahan warna elemen secara dinamis pada sebuah halaman web, semua hal tersebut merupakan hasil dari penggunaan JavaScript.

Menurut Andre Calçada dan Jorge Bernardino, bahasa JavaScript, sebagai bahasa *scripting* yang dinamis dan ringan, telah memainkan peran yang sangat signifikan dalam ekosistem pengembangan web dan aplikasi. Bahasa ini mempunyai peran utama dalam menyokong beragam layanan situs web dan aplikasi web (Calçada & Bernardino, 2022). Selain dominasi di dunia *browser* web, JavaScript juga menemukan tempat dalam berbagai lingkungan di luar *browser*, seperti Node JS, Apache CouchDB, dan bahkan Adobe Acrobat. Kemampuannya yang dinamis, multi-paradigma, dan berbasis prototipe menjadikan JavaScript salah satu bahasa yang serbaguna, digunakan untuk berbagai keperluan seperti pengembangan antarmuka halaman web, manajemen cookie, pembuatan aplikasi seluler, game, dan banyak lagi.

JavaScript juga telah memungkinkan pengembang untuk menciptakan beragam teknik seperti AJAX untuk memuat data secara asinkron, serta mengontrol elemen-elemen HTML dan CSS dalam halaman web secara dinamis. Bahkan di luar

pengembangan web, JavaScript terus berkembang sebagai bahasa yang relevan dan penting dalam berbagai proyek dan aplikasi yang semakin kompleks. Ini adalah daya tarik utama dari JavaScript, yang terus menjadi salah satu bahasa pemrograman yang paling penting dalam dunia teknologi saat ini (Khan Mohd et al., 2022).

2.8 Node JS

Node JS adalah sebuah perangkat lunak yang diciptakan khusus untuk memungkinkan pengembangan aplikasi berbasis web. Uniknya, Node JS ditulis dalam bahasa pemrograman JavaScript. Sebelumnya, JavaScript dikenal sebagai bahasa pemrograman yang beroperasi di sisi klien, yaitu di browser. Tetapi dengan hadirnya Node JS, JavaScript kini juga dapat berperan sebagai bahasa pemrograman server, mirip dengan PHP, Ruby, Perl, dan bahasa server lainnya. Salah satu keunggulan utama Node JS adalah kemampuannya untuk berjalan di berbagai sistem operasi seperti Windows, Mac OS X, dan Linux tanpa memerlukan perubahan signifikan dalam kode program.

Node JS memiliki ciri khas yang membedakannya dari bahasa pemrograman server pada umumnya. Biasanya, bahasa-bahasa tersebut bersifat sinkronis atau blocking, yang berarti suatu kode program harus menunggu hingga tugas yang sedang dijalankan selesai sebelum beralih ke tugas berikutnya. Namun, Node JS memiliki pendekatan yang berbeda. Ia bersifat asinkronis atau *non-blocking*, seperti cara JavaScript bekerja di sisi klien. Artinya, Node JS dapat menjalankan beberapa tugas secara bersamaan tanpa harus menunggu yang satu selesai terlebih dahulu.

Blocking dalam konteks ini berarti suatu kode program akan dijalankan secara berurutan, menunggu setiap tugas selesai sebelum melanjutkan ke tugas berikutnya. Dengan Node JS, pendekatan ini ditinggalkan, dan kode program dapat bekerja secara efisien, menjalankan tugas-tugasnya secepat mungkin tanpa terjebak dalam antrian eksekusi yang berurutan. Ini membuat Node JS menjadi pilihan yang menarik untuk mengembangkan aplikasi web yang membutuhkan kinerja tinggi dan responsif (Firdaus et al., 2019).

2.9 Mongo DB

MongoDB merupakan suatu database bersifat *open source*, dengan performa tinggi. Database ini memiliki konsep manajemen berorientasi dokumen, yang dibangun menggunakan bahasa pemrograman C++. Database Berorientasi Dokumen sendiri merupakan sebuah program komputer yang didesain untuk menyimpan, mengambil dan mengelola data yang berorientasi format dokumen. Database berorientasi dokumen sendiri adalah salah satu dari kategori database yang diketahui dengan julukan terkenal NoSQL. NoSQL berarti suatu sistem basis data yang tidak perlu menggunakan perintah query SQL untuk menjalankan proses manipulasi data. MongoDB merupakan basis data non-relasional, hal ini membuat MongoDB dapat melakukan komputasi sangat cepat saat menjalankan proses manipulasi data dibandingkan dengan sistem basis data relasional (RDBMS). Karena MongoDB berbasis dokumen, sehingga tidak mempunyai struktur yang teratur seperti tabel pada umumnya. Adapun kelebihan MongoDB dibandingkan database lainnya adalah, dapat melakukan proses *searching* lebih cepat, tidak perlu mendesain struktur tabel karena MongoDB akan secara otomatis membuatnya, yang diperlukan adalah melakukan *insert* saja, mempercepat proses CRUD, sehingga tidak heran jika banyak digunakan *website* dengan kompleksitas data yang cukup besar (Kurniawan, 2018).

MongoDB merupakan data *storage* yang mana setiap tabelnya tidak harus memiliki relasi dengan tabel lain. MongoDB berisi yang disebut *collection*, dan setiap *collection* terdiri dari *documents*. Pada tiap *documents* terdiri dari *fields*. Dan di tiap *collections* dapat dilakukan *indexing*, sehingga meningkatkan kinerja proses *sorting* data. Berikut adalah 6 konsep yang harus di pahami dalam MongoDB:

1. MongoDB mempunyai konsep sama dengan jeins data *storage* lainnya seperti MySQL ataupun Oracle. MongoDB tidak boleh memiliki dua data *storage* atau lebih, karena masing-masing data *storage* bertindak sebagai *high level containers*.
2. Suatu data storage MongoDB tidak boleh memiliki 2 *collection* atau lebih. Sebuah *collection* mempunyai banyak kemiripan dengan tabel tradisional di data storage seperti MySQL. Karenanya, sebuah *collection* dan tabel tradisional dalam hal tersebut dapat dianggap sama.

3. Suatu data *storage* tidak boleh memiliki 2 *documents* atau lebih. Karena sebuah *documents* dapat dianggap sama seperti sebuah row layaknya pada tabel tradisional.
4. 1 *documents* terdiri dari satu atau lebih *fields* dan atau *columns*.
5. *Indexes* pada MongoDB seperti layaknya *indexes* di RDSMS.
6. *Cursors* MongoDB di gunakan untuk proses meminta atau memanggil data

2.10 Node-RED

Node-RED adalah lingkungan pemrograman visual yang berjalan di atas Node JS. Node-Red dikembangkan oleh Nick O'Leary dan Dave Conway-Jones dari IBM's Emerging Technology Services yang memungkinkan pengguna untuk menghubungkan dan mengatur aliran data antara berbagai perangkat dan layanan. Dengan antarmuka yang intuitif berbasis *browser*, Node-RED memungkinkan pengguna untuk membuat alur kerja (*flow*) dengan menggunakan simpul (*node*) yang merepresentasikan fungsi atau tugas tertentu.

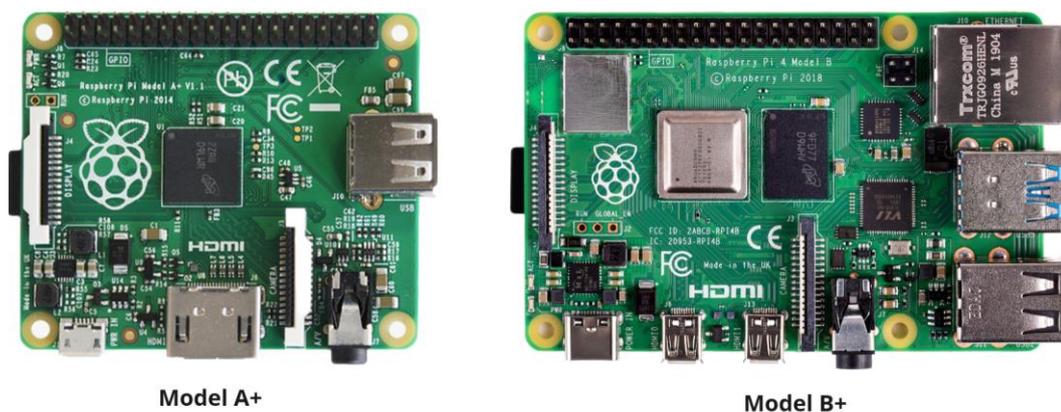
Awalnya dimulai sebagai sebuah bukti konsep untuk visualisasi dan manipulasi pemetaan antara topik MQTT, namun dengan cepat bertransformasi menjadi alat yang lebih serbaguna yang dapat diperluas ke berbagai arah. Proyek ini dibuka sebagai sumber terbuka pada bulan September 2013 dan telah terus dikembangkan secara terbuka sejak saat itu, hingga akhirnya menjadi salah satu proyek pendiri dari JS Foundation pada bulan Oktober 2016. Kemudian, pada tahun 2019, Node JS Foundation bergabung dengan JS Foundation untuk membentuk OpenJS Foundation (OpenJS Foundation & contributors, n.d.).

Node-RED merupakan pemrograman berbasis aliran yang memungkinkan pengembang untuk menghubungkan berbagai perangkat dan layanan dengan mudah. Node-RED bersifat *open source* dan berjalan di berbagai *platform*, termasuk Raspberry Pi, Windows, dan Mac OS. Salah satu manfaat utama menggunakan Node-RED adalah sangat mudah digunakan. Tidak diperlukan pengalaman pemrograman, karena pengembang dapat dengan mudah menarik dan melepas *node* untuk membuat aliran. Ini membuatnya menjadi alat yang hebat untuk membuat prototipe dan mengembangkan aplikasi untuk IoT dengan cepat dan mudah. Manfaat lain dari Node-RED adalah sangat fleksibel. Node-RED dapat

digunakan untuk menghubungkan berbagai perangkat dan layanan (Arief et al., 2023).

2.11 Raspberry Pi

Raspberry Pi adalah komputer berukuran kecil yang dikembangkan di Inggris oleh yayasan Raspberry Pi dengan tujuan untuk mempromosikan pengajaran ilmu pengetahuan dasar komputer di sekolah. Raspberry Pi diproduksi melalui lisensi manufaktur yang berkaitan dengan elemen 14/Premier Farnell dan RS komponen (Setiawan, 2020). Raspberry Pi memiliki *system on chip* Broadcom bcm2835 dengan processor ARM1176JZF-S 700 MHz. Raspberry Pi memiliki beberapa sistem operasi yang mendukung fungsi dan performa Raspberry Pi. Beberapa sistem operasi yang mendukung Raspberry Pi adalah Raspbian, Pidora, OpenElec, RaspBMC, RISC 16 OS, dan Arch Linux ARM. Terdapat dua model pada Raspberry Pi yaitu model A+ dan model B+ yang dapat dilihat pada gambar 1 (Maulana, 2021).



Gambar 1. Perbedaan Raspberry model A+ dan B+

Perbedaan antara kedua model adalah bahwa model A tidak dilengkapi dengan port Ethernet, sedangkan model B memiliki port Ethernet. Selain itu, model B memiliki dua kali lebih banyak port USB daripada model A. Perbedaan fisik antara keduanya dapat dilihat dalam Gambar 1. Perbedaan Raspberry model A+ dan B+. Bentuk fisik yang berbeda antara Raspberry Pi Model B+ dan A+ terlihat seperti sebuah motherboard, dengan berbagai chip dan port yang dipasang mirip

dengan komputer desktop atau laptop. Beberapa spesifikasi perangkat keras pada Raspberry Pi meliputi :

1. ARM CPU/GPU

Raspberry Pi menggunakan Broadcom BCM2835 System on Chip yang terdiri dari unit ARM CPU dan Video Core dengan 4 pengolahan grafis GPU.

2. GPIO

GPIO merupakan salah satu komponen Raspberry Pi. GPIO dapat terkoneksi ke berbagai perangkat keras seperti mikrokontroler, sensor, LED, dan lain-lain.

3. SDRAM

Untuk mengoptimalkan fungsi pemrosesan memori dalam sistem Raspberry Pi perlu memiliki SDRAM yang cukup besar. Untuk model A awalnya memiliki 17 memori sebesar 128 MB, kemudian di *upgrade* menjadi 256 MB pada akhir Februari 2012. Sedangkan untuk model B memiliki memori sebesar 256 MB dan di *upgrade* sebesar 512 MB sejak 15 oktober 2012.

4. USB 2.0 port(s)

Raspberry Pi memiliki port USB 2.0 untuk proses mengirim data dan komunikasi *input* keyboard dan mouse. *Port* USB 2.0 juga dapat digunakan sebagai *power supply* untuk Raspberry Pi.

5. Video output

Video output digunakan untuk menampilkan display Raspberry Pi di layar atau monitor. Raspberry Pi memiliki dua *port* untuk output video, yaitu *port* HDMI dan RCA. Kedua *port* ini tidak dapat digunakan secara bersamaan.

6. Audio input dan output

File media seperti musik, video, dan file media lainnya dapat dijalankan di Raspberry Pi. Raspberry Pi memiliki untuk *audio port* dihubungkan ke *speaker* atau *headset*. Untuk audio input, Raspberry Pi dapat dihubungkan atau dipasangkan dengan *sound card* atau USB *mic*.

7. Board storage

Raspberry Pi menggunakan memori SD sebagai storage penyimpanan sekaligus sebagai memori internal. Memori internal digunakan sekaligus sebagai memori utama untuk penyimpanan sistem operasi Raspberry Pi, selain itu juga bisa digunakan untuk menyimpan data lainnya, seperti *file media*, *file*

dokumen, dan *file* lainnya. Untuk ukuran minimum memori internal, disarankan menggunakan minimal 4 GB ukuran memori internal. Karena untuk menyimpan hanya sistem operasi saja membutuhkan sekitar 1,8 GB dan belum ditambah untuk menyimpan *file-file* lainnya.

8. *Board network* (papan jaringan)

Papan jaringan pada Raspberry Pi hanya terdapat pada model B saja. Papan jaringan yang digunakan adalah single RJ45 *Ethernet jack*, dimana menyediakan kecepatan 10/100 Mbps

9. Power

Perangkat Raspberry pi didukung oleh 5v *micro* USB. Untuk model B menggunakan sekitar 700-1000 mA, tergantung pada periferal yang terhubung pada perangkat, misal *keyboard mouse*. Sedangkan modul A dapat menggunakan sekitar 500 mA tanpa menghubungkan periferal apapun. Kebutuhan daya yang digunakan untuk Raspberry Pi yaitu pin GPIO membutuhkan daya 50 mA (yang didistribusikan ke semua pin), port HDMI membutuhkan daya 50 mA, modul kamera membutuhkan daya 250 mA, dan untuk keyboard dan mouse membutuhkan 100 mA hingga 1000 mA.

10. Dimensi

Raspberry Pi adalah komputer papan tunggal (*single board circuit*) seukuran kartu kredit dan dapat menjalankan aplikasi kantor. Raspberry Pi memiliki dua model, yaitu model A dan model B dimana kedua model tersebut memiliki dimensi yang berbeda

2.12 NodeMCU

NodeMCU adalah produk yang dirancang dan diproduksi oleh Espressif Systems. NodeMCU mengintegrasikan semua komponen penting dari sebuah komputer modern, seperti CPU, RAM, jaringan (Wi-Fi), serta sistem operasi dan SDK yang modern. Keunggulan-keunggulan seperti kemampuan untuk membangun koneksi Wi-Fi dengan beberapa baris kode saja, mode *Plug and Play*, modul Wi-Fi yang dapat diprogram, serta perangkat keras dan perangkat lunak I/O yang mirip dengan Arduino, menjadikan NodeMCU sebagai alat yang sangat cocok

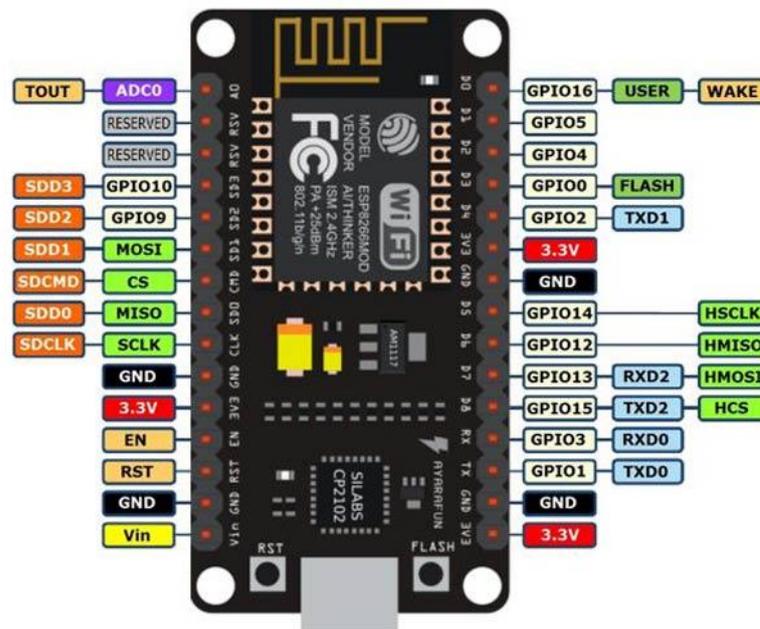
untuk berbagai aplikasi berbasis IoT. Pada NodeMCU juga terdapat beberapa pin seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.

Selain itu, NodeMCU juga dilengkapi dengan mode tidur yang memiliki konsumsi daya rendah, yaitu hanya sekitar 60mA. Fitur ini sangat berguna untuk mengoptimalkan konsumsi daya dari berbagai aplikasi yang memerlukan efisiensi energi. NodeMCU memungkinkan pengguna untuk mengembangkan proyek IoT dengan biaya yang terjangkau, dan kemudahan penggunaan yang luar biasa.

Seluruh paket fiturnya membuat NodeMCU menjadi pilihan yang sangat menarik bagi pengembang yang ingin menghasilkan solusi IoT yang efisien dan ekonomis. Kelebihan-kelebihan ini, seperti konektivitas Wi-Fi yang mudah, kemampuan *plug and play*, serta konsumsi daya rendah dalam mode tidur, menjadikan NodeMCU sebagai alat yang sangat berguna dalam berbagai aplikasi IoT (Venkata Sai Padmaja et al., 2019).

Spesifikasi nodemcu :

- Prosesor : Tensilica L106 32-bit.
- Kecepatan prosesor : 80~160MHz.
- Voltase: 3,3v
- Mendukung Wi-Fi Direct (P2P), soft-AP.
- Arus operasi rata-rata : 80mA
- Memori flash : 16MB maksimal (512Kb normal).
- RAM : 32Kb + 80Kb
- Mendukung stack protokol TCP/IP terintegrasi.
- Mendukung standar 802.11
- Pin Digital I/O (DIO): 16
- Pin Analog (ADC): 1



Gambar 2. Pin NodeMCU

Tabel 1. Spesifikasi NodeMCU

Kategori Pin	Nama	Deskripsi
Power	Micro-USB	Power yang dapat terhubung dengan USB port
Control	EN, RST	Untuk mereset program nodemcu
Analog	A0	Membaca input analog
GPIO	GPIO1 to GPIO16	16 pin input-output
SPI	SD1, CMD, SD0, CLK	Komunikasi SPI (<i>Serial Peripheral Interface</i>)
UART	TXD0, RXD0, TXD2, RXD2	NodeMCU memiliki 4 UART, UART0 (RXD0 & TXD0) dan UART2 (RXD2 & TXD2) untuk transmisi dan terima data
I2C	SDA, SCL	NodeMCU memiliki dukungan fungsionalitas I2C, namun tergantung pada pin mana yang digunakan untuk I2C.

2.13 Multiplexer 16 channel CD74HC4067

74HC4067 adalah multiplexer analog 16 saluran. Perangkat ini beroperasi dengan rentang tegangan pasokan mulai dari 2.0V hingga 10.0V, dan memiliki kondisi operasi yang direkomendasikan serta karakteristik statis yang spesifik yang dijelaskan dalam datasheet. Perangkat ini dirancang untuk mengirimkan sinyal digital, dan resistansi ON-nya bervariasi berdasarkan tegangan pasokan. Informasi lebih lanjut dapat ditemukan pada halaman 9 dan 10 dari datasheet produk ini.

Multiplexer 74HC4067 seperti yang ditunjukkan pada gambar 3 adalah komponen yang berguna untuk mengelola sinyal analog dalam berbagai aplikasi elektronik. Dengan rentang tegangan pasokan yang luas, perangkat ini dapat digunakan dalam berbagai kondisi operasi. Namun, perlu diperhatikan bahwa resistansi ON-nya dapat bervariasi tergantung pada tegangan pasokan yang digunakan. Untuk informasi lebih lanjut tentang karakteristik dan spesifikasi perangkat ini, datasheet produk adalah sumber yang berguna yang dapat membantu pengguna dalam mengintegrasikan 74HC4067 ke dalam proyek-proyek mereka (Nexperia, 2021).



Gambar 3. Multiplexer 16 channel CD74HC4067

Spesifikasi pin CD74HC406

- VCC: Tegangan pasokan modul - 5V.
- GND: Ground (Tanah).
- EN: Pin Enable (Aktif Rendah).

- S0-3: Digunakan untuk memilih salah satu dari 16 pin input analog sebagai sinyal keluar akhir.
- C0-15: Input analog.
- SIG: Sinyal keluar.

2.14 Sensor Analog TDS DFRobot

Sensor analog TDS DFRobot adalah alat yang digunakan untuk mengukur nilai TDS dalam air yang dibuat oleh perusahaan DFRobot. Sensor TDS seperti yang dapat dilihat pada gambar 4 dapat digunakan dalam pengujian kualitas air untuk air domestik, hidroponik, dan berbagai bidang lainnya.

TDS (Total Dissolved Solids) mengindikasikan berapa banyak miligram padatan yang larut dalam satu liter air. Secara umum, semakin tinggi nilai TDS, semakin banyak padatan yang larut dalam air, dan semakin rendah tingkat kebersihan air tersebut. Oleh karena itu, nilai TDS dapat digunakan sebagai salah satu referensi untuk mencerminkan tingkat kebersihan air.

Sensor TDS ini mendukung masukan tegangan lebar, yaitu 3.3 ~ 5.5V, dan menghasilkan output tegangan analog antara 0 ~ 2.3V, sehingga kompatibel dengan sistem atau papan kontrol 5V atau 3.3V. Sumber eksitasi yang digunakan adalah sinyal AC, yang efektif mencegah polarisasi pada probe dan memperpanjang umur probe, sekaligus meningkatkan stabilitas sinyal keluaran. Probe TDS ini tahan air, sehingga dapat digunakan untuk pengukuran jangka panjang dalam air (DFRobot, n.d.-b).



Gambar 4. Sensor analog TDS DFRobot

Spesifikasi Sensor Analog TDS DFRobot :

a. Papan Pengirim Sinyal

- Tegangan Masukan: 3.3 ~ 5.5V
- Tegangan Keluaran: 0 ~ 2.3V
- Arus Kerja: 3 ~ 6mA
- Akurasi Pengukuran TDS: $\pm 10\%$ F.S. (25 °C)
- Ukuran Modul: 42 * 32mm
- Antarmuka Modul: PH2.0-3P
- Antarmuka Elektroda: XH2.54-2P

b. Probe TDS

- Jumlah Jarum: 2
- Panjang Total: 83cm
- Koneksi antarmuka : XH2.54-2P
- Warna: Hitam

2.15 Sensor Analog pH DFRobot V2

Sensor analog pH DFRobot adalah sensor yang dibuat oleh perusahaan DFRobot yang spesifik digunakan untuk mengukur pH suatu larutan dan mencerminkan derajat keasamannya. Sensor ini umumnya digunakan dalam berbagai aplikasi seperti aquaponik, aeroponik, akuakultur, dan pengujian air lingkungan.

Sebagai peningkatan dari versi sebelumnya, yaitu pH meter V1, sensor ini mengalami perbaikan yang signifikan dalam hal akurasi dan pengalaman penggunaannya. Dengan adanya chip regulator tegangan yang terintegrasi, sensor ini dapat menerima tegangan dalam rentang yang luas, yaitu antara 3,3 hingga 5,5V, sehingga sensor ini dapat digunakan dengan papan kontrol utama yang memiliki tegangan 5V dan 3,3V. Sinyal keluarannya telah difilter dan memiliki tingkat ketidakstabilan yang rendah. Selain itu, perangkat lunak yang digunakan dalam sensor ini mengadopsi metode kalibrasi dua titik, yang memungkinkannya untuk secara otomatis mengenali dua larutan buffer standar (4,0 dan 7,0), sehingga penggunaan sensor ini menjadi lebih mudah dan nyaman..

Dengan bantuan sensor ini, pH meter dapat dengan mudah diimplementasikan pada papan kontrol utama seperti Arduino atau NodeMCU tanpa perlu melakukan proses pengelasan, penyolderan, atau modifikasi tambahan. Pengukuran pH suatu larutan adalah cara untuk menentukan sejauh mana tingkat keasamannya. Ini juga dikenal sebagai indeks konsentrasi ion hidrogen dalam larutan tersebut. Pengujian pH memiliki berbagai aplikasi dalam bidang kedokteran, kimia, dan pertanian. Biasanya, pH adalah sebuah angka yang berkisar antara 0 hingga 14. Dalam kondisi termodinamika standar, jika $\text{pH}=7$, maka larutan tersebut dianggap netral, $\text{pH} < 7$ menunjukkan bahwa larutan tersebut bersifat asam, sedangkan $\text{pH} > 7$ mengindikasikan bahwa larutan tersebut bersifat basa (DFRobot, n.d.-a). Untuk spesifikasi lengkap dari sensor DF Robot TDS pH dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Sensor DF Robot Gravity pH

Spesifikasi Sensor DF Robot Gravity pH :

- a. Papan Konversi Sinyal (Pengirim) V2
 - Tegangan Pasokan: 3.3 - 5.5V
 - Tegangan Keluaran: 0 - 3.0V
 - Konektor Probe: BNC
 - Konektor Sinyal: PH2.0-3P
 - Akurasi Pengukuran: $\pm 0.1 @ 25^{\circ}\text{C}$
 - Dimensi: 42mm32mm/1.661.26 inci

- b. Probe pH
 - Tipe Probe: Laboratorium
 - Rentang Deteksi: 0 - 14
 - Rentang Suhu: 560°C
 - Titik Nol: 7 ± 0.5
 - Waktu Respon: < 2 menit
 - Hambatan Internal: < $250\text{M}\Omega$
 - Umur Probe: > 0.5 tahun (tergantung pada frekuensi penggunaan)
 - Panjang Kabel: 100 cm

2.16 Sensor DS18B20 Digital Temperature DFRobot

Sensor DS18B20 Digital Temperature DFRobot merupakan sensor yang diciptakan oleh DFRobot yang berfungsi untuk mengukur suhu. Keunggulan utama dari sensor ini adalah kemampuannya dalam beroperasi walaupun dalam kondisi basah. Meskipun mampu mengukur suhu hingga 125°C, penting untuk diingat bahwa kabel sensor ini dilapisi dengan PVC, sehingga disarankan untuk menjaganya agar tetap di bawah 100°C. Keunggulan lainnya adalah kemampuan sensor ini dalam menghasilkan pembacaan suhu yang akurat bahkan dalam jarak yang jauh, karena sinyalnya tetap stabil dan tidak mengalami degradasi.

Sensor DS18B20 ini dapat memberikan pembacaan suhu dengan resolusi tinggi, yang dapat dikonfigurasi antara 9 hingga 12 bit, melalui antarmuka 1-Wire. Sensor ini juga kompatibel dengan sistem tegangan 3.0 hingga 5.5V, membuatnya dapat diintegrasikan dengan berbagai jenis sistem. Salah satu fitur unik dari DS18B20 adalah adanya nomor seri silikon yang unik dalam setiap sensornya. Hal ini memungkinkan beberapa sensor DS18B20 untuk beroperasi dalam satu bus 1-Wire yang sama. Keunggulan ini sangat berguna dalam berbagai aplikasi, termasuk pengendalian lingkungan HVAC, pemantauan suhu di dalam bangunan, peralatan, atau mesin, serta pengawasan dan pengendalian proses yang memerlukan pengukuran suhu yang akurat dan dapat diandalkan di berbagai lokasi (DFRobot, n.d.-c).

2.17 Sensor Non-contact *Liquid Detector* DFRobot

Sensor *Non-contact Liquid Detector* DFRobot memanfaatkan teknologi pemrosesan sinyal canggih dengan memanfaatkan chip yang kuat berkapasitas operasi berkecepatan tinggi untuk mencapai deteksi level cairan tanpa adanya kontak fisik. Tidak adanya sentuhan dengan cairan membuat modul ini cocok digunakan dalam aplikasi berbahaya seperti pendeteksian zat beracun, asam kuat, alkali kuat, dan berbagai jenis cairan dalam wadah yang kedap udara serta bertekanan tinggi. Tidak ada persyaratan khusus terkait dengan jenis cairan atau wadah, sehingga sensor ini mudah digunakan (Isra, 2021). Contoh sensor dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Sensor Non-contact liquid detector

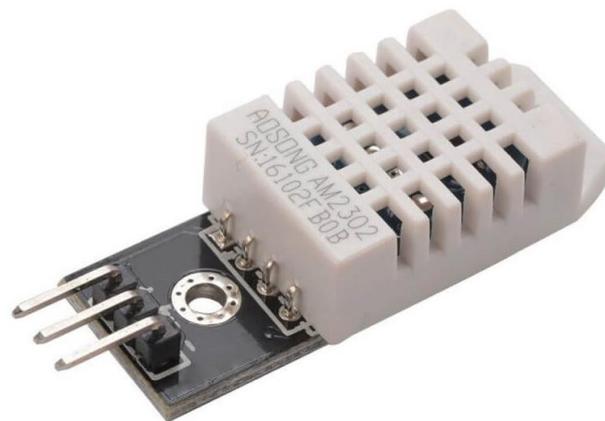
Spesifikasi sensor Non-contact *Liquid Detector*:

- Operating Voltage (InVCC) 5 ~ 24 VDC
- Current Consumption 5 mA
- Output Voltage (High Level) InVCC
- Output Voltage (Low Level) 0V
- Output Current 1 ~ 50 mA
- Response Time 500 ms
- Operating Temperature 0 ~ 105
- Range for Thickness of Induction 0 ~ 12 mm
- Humidity 5% ~ 100%
- Material ABS
- Waterproof Performance IP67
- Dimension 28 * 28 mm/ 1.1 * 1.1

2.18 Sensor DHT 22

Seperti yang dapat dilihat pada gambar 7, sensor DHT22 adalah salah satu jenis sensor yang mampu mengukur dua parameter lingkungan secara bersamaan, yaitu suhu dan kelembaban udara (*humidity*). DHT22, juga dikenal sebagai AM2302, merupakan sensor suhu dan kelembaban serupa dengan DHT11, namun

memiliki keunggulan seperti keluaran berbentuk sinyal digital dengan proses konversi dan perhitungan yang dilakukan oleh mikrokontroler 8-bit. Dibandingkan dengan DHT11, DHT22 memiliki akurasi dan presisi yang lebih tinggi dalam hasil pengukuran, serta memiliki rentang pengukuran suhu dan kelembaban yang lebih luas. Selain itu, DHT22 mampu mentransmisikan sinyal keluaran melalui kabel yang panjang, bahkan hingga 20 meter, sehingga sangat sesuai untuk ditempatkan di berbagai lokasi (Siswanto et al., 2019).



Gambar 7. Sensor DHT22

Spesifikasi DHT 22 :

- Operating Voltage: 3.5V to 5.5V
- Operating current: 0.3mA (measuring) 60uA (standby)
- Output: Serial data
- Temperature Range: -40°C to 80°C
- Humidity Range: 0% to 100%
- Resolution: Temperature and Humidity both are 16-bit
- Accuracy: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ and $\pm 1\%$

2.19 Pompa Air Mini High Pressure DC 12V

Pompa air merupakan sebuah perangkat yang memiliki kemampuan untuk mengalirkan cairan dengan tekanan tertentu. Fungsinya biasanya digunakan untuk mengalihkan air dari lokasi yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi atau jarak

yang lebih jauh. Contoh Pompa Air mini dan High Pressure 85 Psi dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 8. Pompa air mini *high pressure* DC 12V

Prinsip dasar dalam kerja pompa air adalah dengan menggunakan energi untuk meningkatkan tekanan dalam suatu sistem tertutup.

Pompa jenis ini, seperti Diaphragm Pump, termasuk dalam kategori pompa perpindahan positif (*positive-displacement pumps*). Mereka beroperasi dengan mengubah volume dalam sistem tertutup. Ketika tekanan dalam sistem meningkat, volume cairan akan menyusut, dan sebaliknya, ketika tekanan menurun, volume cairan akan bertambah. Perubahan ini memungkinkan cairan disedot ke dalam sistem dan ditekan ke arah yang diinginkan.

Sistem ini mengatur perubahan tekanan dengan menggunakan motor DC yang terintegrasi dalam pompa air. Motor DC memerlukan suplai tegangan berupa arus searah pada kumparan medan untuk mengubahnya menjadi energi mekanik. Motor DC memiliki dua komponen utama, yaitu stator (komponen yang tidak bergerak) dan rotor (komponen yang berputar). Kumparan medan yang terletak di tengah-tengah motor menghasilkan medan magnet permanen yang mengalir melalui rotor. Ketika motor dinyalakan, arus listrik mengalir melalui kumparan, menciptakan medan magnet yang mendorong magnet di sekitar rotor, yang pada gilirannya menyebabkan rotor berputar sekitar 180 derajat. Putaran rotor ini menyebabkan perubahan arah aliran listrik di kumparan, mendorong rotor untuk

terus berputar, dan akhirnya menggerakkan baling-baling serta mengoperasikan pompa air. Spesifikasi dari pompa dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Pompa *High Pressure*

Tegangan	12V
Arus	2 A
Tekanan	100 PSI
Laju Aliran	3.1 Liter / Menit

2.20 Pompa Air DC 5V

Pompa air DC 5V adalah jenis pompa yang dirancang untuk digunakan dengan tegangan DC 5 volt. Pompa ini biasanya digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan pengiriman air dengan daya yang rendah, seperti kebutuhan akuarium kecil, proyek DIY, dan sistem pengairan portable.

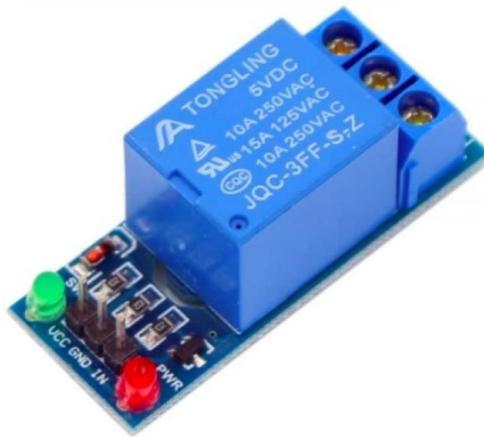
Pompa air DC 5V memiliki desain yang kompak dan ringkas, membuatnya mudah dipasang dan diintegrasikan ke dalam berbagai proyek. Dengan daya rendah yang dibutuhkan, pompa ini efisien dalam penggunaan energi dan biasanya tidak memerlukan sumber daya listrik yang besar. Meskipun dayanya rendah, pompa air DC 5V mampu memberikan aliran air yang cukup kuat dan stabil. Pompa ini biasanya dilengkapi dengan motor brushless atau motor DC yang dapat menghasilkan aliran air dengan tekanan yang cukup untuk keperluan aplikasi yang sesuai.

Pompa air DC 5V sangat cocok untuk digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan mobilitas atau sumber daya yang terbatas. Dengan voltase rendah, pompa ini sering digunakan dalam proyek elektronik portabel atau perangkat yang menggunakan baterai sebagai sumber daya utama. Dengan desain yang ringkas, daya rendah, dan kemampuannya dalam menghasilkan aliran air yang cukup kuat, pompa air DC 5V menjadi pilihan yang populer dalam berbagai proyek sistem pengairan portabel dan aplikasi kecil lainnya yang membutuhkan pengiriman air yang handal dengan sumber daya terbatas.

2.21 Modul Relay

Modul Relay yang ditunjukkan pada gambar 9 merupakan suatu jenis saklar yang beroperasi melalui penggunaan daya listrik dan merupakan komponen elektromekanik yang terdiri dari dua komponen utama, yaitu elektromagnet (coil) dan saklar mekanik. Fungsi utama relay adalah menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan saklar mekaniknya dengan menggunakan tegangan daya rendah, sehingga memungkinkan untuk menghantarkan tegangan listrik yang lebih tinggi. Sebagai contoh, relay dengan spesifikasi 5V dan 50mA dapat digunakan untuk menggerakkan Armature Relay sehingga berperan sebagai saklar yang mampu menghantarkan listrik dengan tegangan sebesar 220V dan arus 2A.

Konsep utama di balik relay adalah memanfaatkan efek elektromagnetik untuk mengontrol aliran listrik yang lebih besar. Ketika arus listrik mengalir melalui kumparan elektromagnetik relay, itu akan menciptakan medan magnet yang dapat menarik atau mendorong saklar mekaniknya. Saklar ini akan bergerak, menghubungkan atau memutuskan aliran listrik dalam rangkaian yang lebih besar sesuai dengan prinsip kerja relay tersebut. Oleh karena itu, relay adalah komponen yang sangat penting dalam berbagai aplikasi elektronik, terutama untuk mengendalikan perangkat yang memerlukan daya listrik yang lebih tinggi dengan menggunakan sinyal atau tegangan daya yang lebih rendah (Sadikin et al., 2019).



Gambar 9. Modul Relay

2.22 Message Queuing Telemetry Teleport (MQTT)

MQTT protokol, yang dikembangkan oleh IBM pada tahun 1990-an, adalah sebuah teknologi komunikasi pesan. Teknologi ini berbasis asinkron, yang berarti ia memisahkan pengirim pesan dan penerima pesan dalam kedua ruang dan waktu. MQTT protokol dapat beroperasi dalam lingkungan jaringan yang tidak dapat diandalkan, serta mampu mengirim dan menerima perintah-perintah sederhana yang memiliki konten berukuran sedang dengan tingkat layanan tertentu (Quality of Service - QoS) yang dijamin secara global. Teknologi ini memungkinkan transisi dari sistem-sistem yang sudah ada ke platform cloud tanpa perlu melakukan perancangan ulang atau modifikasi yang besar (Tsao et al., 2022).

MQTT adalah sebuah protokol komunikasi mesin ke mesin (M2M) yang ditujukan untuk digunakan dalam lingkungan Internet of Things (IoT). Ini merupakan suatu protokol transportasi yang memiliki karakteristik ringan, open-source, dan dapat diimplementasikan dengan mudah, yang memungkinkan perangkat IoT untuk berkomunikasi. MQTT beroperasi berdasarkan model publish/subscribe, di mana komunikasi melibatkan tiga entitas dalam jaringan: penerbit, pelanggan, dan broker. Broker MQTT berperan sebagai server yang memfasilitasi komunikasi antara penerbit dan pelanggan. Berbeda dengan model klien-server tradisional, tidak ada komunikasi langsung antara penerbit dan pelanggan, dan semua interaksi antara keduanya ditangani oleh broker MQTT. MQTT adalah protokol yang berbasis koneksi, yang berarti bahwa penerbit dan

pelanggan harus membuat koneksi dengan broker untuk mengirim atau menerima pesan. MQTT memiliki tiga tingkat kualitas layanan (Quality of Service - QoS) yang berbeda, yang menentukan apakah penerbit perlu menerima konfirmasi pengiriman paket publish kepada pelanggan. MQTT sangat populer dalam aplikasi IoT karena sifatnya yang sederhana, efisien, dan memiliki overhead yang rendah (Husnain et al., 2022).

2.23 RMSE

RMSE adalah salah satu metrik evaluasi model yang dipakai untuk mengukur tingkat ketepatan model dalam memprediksi nilai target. RMSE dihitung dengan menggunakan rumus yang mencakup perbedaan antara nilai yang diprediksi oleh model dan nilai sebenarnya, yang kemudian hasilnya dikuadratkan, dijumlahkan, dan diakar kuadratkan. Nilai RMSE memiliki satuan yang sama dengan variabel yang diprediksi, sehingga memudahkan dalam proses interpretasi. Semakin kecil nilai RMSE, semakin akurat model dalam memprediksi nilai sebenarnya.

Keunggulan RMSE mencakup kemampuannya untuk memberikan pengukuran kesalahan yang mudah dipahami, karena menggunakan satuan yang sama dengan variabel yang diprediksi. RMSE juga sangat responsif terhadap perubahan dalam prediksi model, yang berguna untuk membandingkan tingkat akurasi antara beberapa model yang berbeda. Sebagai salah satu metrik kesalahan yang paling umum digunakan, RMSE juga mudah dimengerti dan diinterpretasikan oleh orang lain (Hodson, 2022).

RMSE memiliki berbagai penerapan dalam analisis data dan pembuatan model, baik dalam konteks regresi untuk memprediksi nilai kontinu seperti harga saham atau penjualan produk, maupun dalam model klasifikasi untuk memprediksi kategori seperti jenis kelamin atau kelas sosial. Selain itu, RMSE juga digunakan dalam model pembelajaran mesin yang bertujuan untuk memprediksi nilai target. Oleh karena itu, RMSE merupakan metode yang penting dalam mengevaluasi dan membandingkan kinerja berbagai model statistik dan *machine learning*. Rumus RMSE dapat dilihat pada persamaan 1.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2} \quad (1)$$

Keterangan :

Y_i = nilai observasi ke-i

\hat{Y}_i = nilai prediksi ke-i

n = jumlah data