

**MONITORING DAN KONTROL SISTEM PENYIRAMAN
NUTRISI PADA BUDIDAYA TANAMAN AEROPONIK
MENGUNAKAN ESP32-S3**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Islam Nusantara
Bandung



Oleh :

WILDAN PERMANA

41037002211011

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM NUSANTARA
BANDUNG
2025**

LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Wildan Permana

NIM 41037002211011

Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan bahwa Skripsi yang berjudul :

**MONITORING DAN KONTROL SISTEM PENYIRAMAN NUTRISI
PADA BUDIDAYA TANAMAN AEROPONIK MENGGUNAKAN ESP32-S3**

dibuat dengan sebenar-benarnya dari penelitian, pemikiran, dan pemaparan hasil saya sendiri, untuk melengkapi sebagai pernyataan menjadi Sarjana (S1) pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Islam Nusantara Bandung, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari buku Skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan jenjang Sarjana (S1) di lingkungan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Islam Nusantara Bandung maupun perguruan-perguruan tinggi atau instansi manapun kecuali bagian yang sumber informasi dicantumkan sebagaimana mestinya.

Bandung, 6 Mei 2025

Yang membuat pernyataan,

WILDAN PERMANA

NIM. 41037002211011

LEMBAR PENGESAHAN
MONITORING DAN KONTROL SISTEM PENYIRAMAN NUTRISI
PADA BUDIDAYA TANAMAN AEROPONIK
MENGGUNAKAN ESP32-S3

Disusun dan diajukan oleh :

WILDAN PERMANA
41037002211011

Disetujui dan disahkan sidang skripsi
Pada tanggal : Bandung, 06 Mei 2025

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Iksal Rachman, S.T., M.T.

IR. Joko Haryatno, M.T.,

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Prodi Teknik Elektro

Dr. Ricky Yoseptry, M.M.Pd.

Muhammad Zimamul Adli, M.S.i,

LEMBAR PENGESAHAN
REVISIAN SKRIPSI
MONITORING DAN KONTROL SISTEM PENYIRAMAN NUTRISI
PADA BUDIDAYA TANAMAN AEROPONIK
MENGGUNAKAN ESP32-S3

Telah Direvisi

Oleh :
Wildan Permana
41037002211011

Bandung, 8 Mei 2025

Mengesahkan,

Penguji I

Penguji II

Ganis Sanhaji, S.Si., M.Sc.

Muhammad Zimamul Adli, M.S.i,

Ketua Sidang

Dr. Ricky Yoseptry, M.M.Pd.

BIODATA PENULIS



Nama : Wildan Permana
Tempat, tanggal lahir : Bandung, 13 September 2002
Telepon : +62895379069040
Email : wildanpermana130902@gmail.com
Riwayat pendidikan : SDN Cipamokolan 1
SMPN 51 Bandung
SMKN 6 Bandung

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Penulis pun menyadari bahwa tanpa adanya motivasi dan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak, penyusunan skripsi ini tidak akan terwujud sebagaimana mestinya. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih beserta penghargaan setinggi-tingginya kepada:

Allah SWT atas segala doa yang telah didengar-Nya

1. Bapak Prof. Dr. Endang Komara, M.Si, selaku rektor Universitas Islam Nusantara.
2. Bapak Dr. Ricky Yoseptry, M.M.Pd. selaku dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Nusantara.
3. Bapak Muhammad Zimamul Adli, M.S.i, selaku ketua Prodi Teknik Elektro, Universitas Islam Nusantara. yang selalu memberi dukungan, bimbingan, arahan, masukan serta semangat kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Iksal Rachman, M.T selaku dosen pembimbing I yang selalu memberi dukungan, bimbingan, arahan, masukan serta semangat kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Joko Haryatno, S.T., M.T selaku dosen pembimbing II yang selalu memberi dukungan, bimbingan, arahan, masukan serta semangat kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Hamdi Sholahudin S.T. selaku Project Manajer atau Pembimbing Lapangan yang telah memberikan pengarahan, bimbingan, saran serta dorongan yang sangat berarti kepada penulis selama kegiatan berlangsung.
7. Seluruh dosen Fakultas Teknik yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat pada penulis.
8. Orangtua, keluarga, teman-teman dan semua pihak yang telah memberikan doa dan dukungan selama pelaksanaan program.

9. Saudari Andini Arum Kemangi, yang senantiasa mendengarkan keluh kesah penulis, memberi dukungan, motivasi, pengingat dan menemani penulis hingga tugas akhir ini terselesaikan.

Karena kebaikan serta dukungan beliau-beliau ini maka penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir. Semoga kebaikan dan jasa-jasa beliau mendapat balasan dari Tuhan Yang Maha Esa. Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, tidak luput dari kesalahan dan kekurangan. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Bandung, 6 Mei 2025

Penulis,

Wildan Permana

NIM : 41037002211011

ABSTRAK

Menurunnya luas lahan pertanian di Indonesia akibat alih fungsi lahan menjadi pemukiman menjadi tantangan serius dalam sektor pertanian. Salah satu solusi yang potensial untuk mengatasi keterbatasan lahan adalah budidaya tanaman secara aeroponik, yaitu teknik bercocok tanam tanpa media tanah, di mana nutrisi disemprotkan dalam bentuk kabut langsung ke akar tanaman.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring dan kontrol penyemprotan nutrisi secara otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* menggunakan mikrokontroler ESP32-S3. Sistem terdiri dari ruang tumbuh (*growbox*) yang dilengkapi dengan sensor kelembapan SHT20 I2C dan sensor ketinggian larutan nutrisi A02YYUW serta aktuator berupa nozzle untuk penyemprotan nutrisi.

Data hasil pembacaan sensor dikirim dan ditampilkan secara real-time melalui *website interface*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor SHT20 I2C memiliki rata-rata error sebesar 1,71%, sedangkan sensor A02YYUW memiliki rata-rata error sebesar 0,86 cm. Sistem penyemprotan otomatis bekerja stabil sesuai logika waktu yang diprogram, dengan rata-rata deviasi waktu *ON* sebesar 1,05 detik dan *OFF* sebesar 1,59 detik. Berdasarkan hasil tersebut, sistem ini dinilai efektif dan layak digunakan sebagai prototipe *smart aeroponik berbasis IoT*.

Kata kunci: Aeroponik, *Internet of things (IoT)*, SHT 20 I2C, ESP32-S3, *ultrasonic* A02YYUW

ABSTRACT

The reduction of agricultural land in Indonesia due to land conversion into residential areas poses a significant challenge to the agricultural sector. One potential solution to overcome land limitations is the application of aeroponic cultivation, a method of growing plants without soil by spraying nutrients in the form of mist directly onto the plant roots.

This research aims to design and implement an automatic nutrient spraying monitoring and control system based on the Internet of Things (IoT) using the ESP32-S3 microcontroller. The system consists of a growbox equipped with an SHT20 I2C humidity sensor, an A02YYUW ultrasonic water level sensor, and a misting nozzle actuator for nutrient delivery.

Sensor data is transmitted and visualized in real-time via a website interface. Test results show that the SHT20 I2C sensor has an average error rate of 1.71%, while the A02YYUW sensor records an average deviation of 0.86 cm. The automatic spraying system operated stably according to the programmed timer logic, with an average ON time deviation of 1.05 seconds and OFF time deviation of 1.59 seconds. Based on these findings, the system is deemed effective and feasible as a prototype for a smart aeroponic system utilizing IoT.

Keywords: *Aeroponics, Internet of Things (IoT), ESP32-S3, SHT20 I2C, A02YYUW*

DAFTAR ISI

LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
BIODATA PENULIS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Metode Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Aeroponik	5
2.2 Nutrisi	6
2.3 <i>Internet of Things (IoT)</i>	7
2.4 Sensor SHT 20 I2C	7

2.5	LILYGO T-RELAYS3 T-RELAY S3 ESP32-S3	9
2.6	Nozzle Fogger TW 3010.....	10
2.7	Sensor <i>ultrasonic</i>	11
2.8	<i>Website</i>	11
BAB III PERANCANGAN SISTEM		13
3.1	Penetapan Masalah	13
3.2	Alur Perencanaan Penelitian.....	13
3.3	Perencanaan Secara Blok Diagram.....	14
3.4	Rancangan Perangkat Keras	15
3.4.1	Rancangan ruang penumbuh greenhouse	15
3.4.2	Rancangan Pendeteksi Ketinggian Air.....	16
3.4.3	Rancangan Pendeteksi Kelembaban.....	16
3.4.4	Rancangan penyiraman nutrisi	17
3.4.5	Rancangan Rangkain Elektronik Kontrol.....	17
3.5	Rancangan Perangkat Lunak	19
3.6	Perencanaan pengukuran dan pengujian.....	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		21
4.1	Pengujian sensor SHT 20 I2C.....	21
4.2	Pengujian sensor <i>ultrasonic</i>	22
4.3	Pengujian Penggunaan <i>noozle</i>	24
BAB V SARAN DAN KESIMPULAN		26
5.1	Kesimpulan	26
5.2	Saran	26
DAFTAR PUSTAKA		28
LAMPIRAN.....		30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Luas lahan di indonesia tahun 2019	1
Gambar 2. 1 Penempatan tanaman aeroponik	5
Gambar 2. 2 Nutrisi AB Mix.....	6
Gambar 2. 3 Konsep <i>IoT</i>	7
Gambar 2. 5 Sensor SHT 20 I2C.....	9
Gambar 2. 6 LILYGO T-RELAYS3 T-RELAY S3 ESP32-S3.....	9
Gambar 2. 7 Nozzle Fogger TW 3010	10
Gambar 2. 8 Sensor <i>ultrasonic</i> A02YYUW.....	11
Gambar 3. 1 Perencanaan Penelitian	13
Gambar 3. 2 Blok diagram Alat	14
Gambar 3. 3 Ilustrasi Rancangan ruang penumbuh.....	15
Gambar 3. 4 Posisi peletakan sensor <i>ultrasonic</i>	16
Gambar 3. 5 Posisi peletakan sensor SHT 20 I2C.....	16
Gambar 3. 6 Posisi Peletakan <i>noozle</i>	17
Gambar 3. 7 Hubungan antara tiap komponen.....	18
Gambar 3. 8 Flowchart Monitoring dan Kontrol	18
Gambar 3. 9 Flowchart program	19
Gambar 4. 1 Perbandingan nilai pembacaan sensor.....	21
Gambar 4. 2 Grafik perbandingan nilai SHT 20 I2C dan Hygrometer	22
Gambar 4. 3 Penampungan Nutrisi	23
Gambar 4. 4 Grafik perbandingan nilai sensor <i>ultrasonic</i> dan Measuring tape....	23
Gambar 4. 5 Pengujian penyiraman nutrisi	25

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi LILYGO T-RELAYS3 T-RELAY S3 ESP32-S3	10
Tabel 4. 1 Perbandingan nilai SHT 20 I2C dan Hygrometer	21
Tabel 4. 2 Perbandingan nilai sensor dan Measuring Tape.....	23
Tabel 4. 3 Pengujian Penyiraman Spray	25

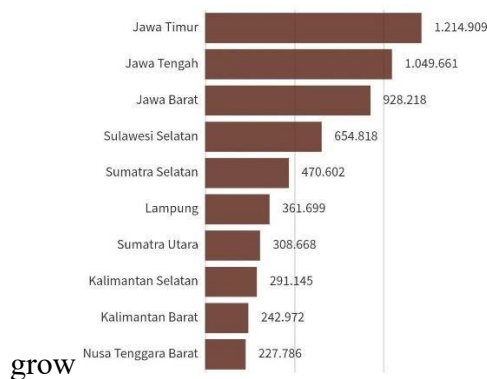
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

berada pada kawasan yang strategis dan beriklim tropis seharusnya menjadi keunggulan tersendiri bagi Indonesia khususnya dalam bidang pertanian. Namun ternyata hasil pertanian Indonesia sendiri belum maksimal. Bahkan untuk beberapa komoditas Indonesia masih melakukan impor dari negara lain.

Salah satu penyebab menurunnya jumlah usaha pertanian selama 10 tahun terakhir karena permasalahan lahan yang semakin mengecil. Petani gurem atau petani yang memiliki lahan kurang dari 0,5 hektare di Jawa mengalami penyempitan. Makin ke sini lahan makin sempit dan jangan program-program (pertanian) bukan ekstensifikasi tapi intensifikasi. Jadi, selama 10 tahun terakhir ada perubahan lahan. Berkurangnya lahan itu lantaran pengelola usaha pertanian perorangan menjual lahan tersebut kepada pihak lain (BPS, 2019).



Gambar 1. 1 Luas lahan di Indonesia tahun 2019

Penerapan budidaya dengan teknik aeroponik dilakukan dengan menggantung tanaman di udara dimana akar tanaman dibiarkan tumbuh di lingkungan lembap tanpa menggunakan media tanah (Nurpauziah & Riani, 2024). Penempatan akar tanaman di udara ini memungkinkan budidaya aeroponik hampir di mana saja sehingga dapat memanfaatkan ruang yang tersedia secara efisien (Endra et al., 2020). Aeroponik merupakan gabungan dari kata "aero" yang artinya udara dan "ponus" yang artinya daya yang secara harfiah diartikan sebagai memberdayakan

udara (Faisal et al., 2019). Aeroponik memiliki perbedaan pada cara pemberian nutrisi dimana sistem aeroponik memberikan cairan nutrisi dengan cara disemprotkan dalam bentuk kabut ke akar tanaman sehingga respirasi akar menjadi optimal dan dapat menghasilkan energi secara efektif (Laksono, 2021). Penerapan sistem ini memerlukan penyemprotan akar tanaman dengan cairan nutrisi secara untuk menjaga kelembapannya. Selain itu intensitas penyiraman dan kadar nutrisi terlarutnya juga perlu diawasi secara berkala agar tidak terlalu banyak ataupun terlalu sedikit sehingga tanaman dapat menyerap nutrisi secara optimal (Anggraini et al., 2023).

Solusi dari permasalahan tersebut adalah dengan penerapan sistem monitoring pertanian berbasis *Internet Of Things (IoT)* yang memanfaatkan konektivitas internet sehingga memungkinkan komunikasi antar perangkat maupun pertukaran informasi yang terhubung secara berkelanjutan dan yang dapat diakses melalui smartphone untuk memantau kondisi lingkungan secara *real-time* (Zidni & Ikrimach, 2023, Hidayatulloh & Aryanto, 2023).

Pada pengembangan sistem aeroponik berbasis NodeMCU ESP8266, namun masih memiliki keterbatasan dalam hal segi fitur mikrokontroler yang di gunakan dan dari cara kerja penyiraman, pembuat alat sebelumnya yaitu menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan penyiramannya menggunakan kipas DC dan *ultrasonic* atomizer yang mengubah cairan menjadi kabut dengan model generik (Siregar & Rivai, 2018).

Dalam pengembangan ini, dikembangkan sistem *Smart Aeroponik berbasis IoT* yang mengintegrasikan fitur baru yang dikembangkan, sehingga lebih canggih, karena memiliki performa lebih tinggi, lebih banyak fitur, dan sudah terintegrasi dengan relay bawaan. dan juga dari segi cara kerjanya yaitu dengan menggunakan *nozzle* sehingga lebih stabil dan Konsisten dalam memberikan nutrisi sesuai jadwal.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, adapun rumusan masalah yang akan diterapkan yaitu :

1. Seberapa besar deviasi nilai pengukuran antara sensor digital dan alat ukur konvensional dalam kondisi pengujian yang sama?

2. Bagaimana merancang dan pengujian sistem penyiraman dan pemberian nutrisi pada tanaman serta kontrolnya?

1.3 Batasan Masalah

Dalam konteks penelitian ini, beberapa batasan masalah perlu diidentifikasi untuk memberikan fokus dan ruang lingkup yang jelas. Beberapa batasan tersebut melibatkan :

1. Faktor pertumbuhan yang diatur oleh sistem ini dibatasi pada *water level* dan kelembapan.
2. Ukuran *Grow Box* adalah panjang 300 cm, lebar 100 cm, dan tinggi 128 cm, dengan kapasitas sebanyak 100 pot.
3. Media tanam yang akan digunakan adalah aeroponik Alat ukur yang digunakan adalah Measuring tape, Hygrometer dan *Stopwatch*.
4. Sistem penyiraman dan pemberian nutrisi menggunakan *nozzle* dan dikendalikan otomatis oleh ESP32-S3.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan yang jelas untuk merancang dan membangun sistem kontrol dan monitoring yang mampu meningkatkan efisiensi budidaya pada tanaman aeroponik. tujuan penelitian adalah :

1. Untuk mengidentifikasi dan menganalisis tingkat deviasi (*error*) pembacaan antara sensor digital dan alat ukur konvensional sebagai dasar evaluasi akurasi dan kelayakan penggunaan sensor pada sistem yang diteliti.
2. Implementasi *nozzle* sebagai alat penyemprot larutan nutrisi pada akar tanaman dan penggunaan ESP32-S3 sebagai mikrokontroler dalam sistem penyemprotan larutan nutrisi.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan sumbangsih sumber referensi terkait implementasi konsep *Internet of things (IoT)* dalam membangun sistem pertanian cerdas.

2. Memastikan pemberian nutrisi yang stabil dan konsisten, serta mengurangi potensi dampak negatif terhadap lingkungan.
3. Pengenalan teknologi *Smart* Aeroponik sebagai solusi inovatif dalam budidaya tanaman terkhususnya di lahan yang sempit.

1.6 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode R&D dimana Metode Penelitian Pengembangan (*Research and Development/R&D*) adalah metode penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan produk baru atau menyempurnakan produk yang sudah ada melalui proses yang sistematis dan terstruktur.

1.7 Sistematika Penulisan

Secara garis besar penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini memuat tentang latar belakang, maksud dan tujuan, ruang lingkup kajian, sistematika penulisan laporan ini.

BAB II : LANDASAN TEORI

Bab ini memuat tentang Menjelaskan dan menerangkan dasar teori yang menunjang pembahasan terhadap bagian-bagian dari alat yang akan dibahas.

BAB III : PERANCANGAN SISTEM

Bab ini memuat tentang Memberikan gambaran tentang perencanaan rangkaian yang terdiri dari komponen- komponen yang dibutuhkan untuk proses perancangan alat yang akan dibuat dan membuat program berbasis arduino untuk menjalankan hardware yang telah dirakit.

BAB IV : PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini memuat tentang pendataan dari rangkain dan melakukan pengujian terhadap alat yang sudah di rangkai atau di buat.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat tentang Kesimpulan dan Saran yang diambil oleh penulis terhadap tugas akhir yang dibuat.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Aeroponik

Aeroponik artinya sistem bercocok tanam pada udara tanpa menggunakan tanah. Jadi, akar tanaman dibiarkan tumbuh menggantung tanpa media tanah, di kawasan yg telah dijaga kelembapannya. Sistem tanam ini memerlukan air serta sekilas hampir sama menggunakan hidroponik. tetapi, pada aeroponik, air diberikan larutan hara lalu disemurkan ke akar tanaman pada bentuk kabut serta cara kerja ini disebut juga pengabutan. kemudian, akar tumbuhan akan menyerap larutan hara yang membantunya buat tumbuh menggunakan baik. Proses pengabutan ini dilakukan terus menerus sampai panen. Jika memang wajib berhenti atau off, sebaiknya tidak lebih dari 15 menit. Tujuannya supaya pengabutan menurunkan suhu pada sekitar daun serta mengurangi evapotranspirasi sehingga tumbuhan selalu segar. Sistem aeroponik tak memakai media tanah dan membiarkan akar tumbuhan menggantung di udara. tentang kualitas, sayuran hasil panen aeroponik akan terasa lebih segar, renyah, dan bersih.



Gambar 2. 1 Penempatan tanaman aeroponik

Sistem aeroponik membantu lingkungan dengan menghemat air, Sistem aeroponik mengurangi jumlah tenaga kerja insan yg terlibat. sebab akar pada udara, tanaman mendapatkan lebih banyak oksigen. Oksigen tambahan yg tanaman terima bisa meringankan pertumbuhan patogen berbahaya. Larutan nutrisi yg dipergunakan lebih ekonomis. Hal ini sebab ketika proses pengabutan pada sistem

aeroponik, akar tanaman menyerap langsung nutrisi yg diberikan. tidak ada larutan yg terbuang sia-sia dan tanaman tumbuh menggunakan segar.

Akan tetapi kekurangannya yaitu pembuatan sistemnya relatif mahal, alat bergantung di listrik, sebagai akibatnya saat peredaran listrik meninggal, indera tidak bisa bekerja (Syaiful, 2022).

2.2 Nutrisi

Nutrisi tanaman terlarut dalam air yang digunakan dalam hidroponik, yang juga digunakan dalam aeroponik, sebagian besar anorganik dan dalam bentuk ion. Nutrisi utama tersebut diantaranya dalam bentuk kation terlarut (ion bermuatan positif), yakni Ca^{2+} (kalsium), Mg^{2+} (magnesium), dan K^{+} (kalium) larutan nutrisi utama dalam bentuk anion adalah NO_3^- (nitrat), SO_4^{2-} (sulfat), dan H_2PO_4^- (dihidrogen fosfat). Unsur hara makro meliputi kalium nitrat, kalsium nitrat, kalium fosfat, dan magnesium sulfat. Unsur hara mikro diantaranya Fe (besi), Mn (mangan), Cu (tembaga), Zn (seng), B (boron), Cl (klorin), dan Ni (nikel) . Unsur hara makro dibutuhkan dalam jumlah besar dan konsentrasinya dalam larutan relatif tinggi, sementara unsur hara mikro hanya diperlukan dalam konsentrasi yang rendah. Dalam prakteknya, untuk kemudahan dalam memenuhi kebutuhan akan unsur unsur di atas, yaitu formulasi yang mengandung unsur hara esensial yang dibutuhkan tanaman (Siregar & Rivai, 2018).



Gambar 2. 2 Nutrisi AB Mix

2.3 *Internet of Things (IoT)*

Internet of things atau bisa disebut juga dengan (*IoT*) adalah sebuah teknologi canggih yang memiliki konsep yang bertujuan untuk memperluas dan memperkembang manfaat dari konektivitas internet yang tersambung terus menerus. Menghubungkan benda benda di sekitar agar aktivitas sehari hari menjadi lebih mudah dan efisien yang sangat membantu segala pekerjaan manusia.

Istilah “*Internet Of Things (IoT)*” terdiri dari dua bagian kata utama yaitu Internet yang menghubungkan dan mengatur sebuah konektivitas dan *Things* yang memiliki arti objek atau sebuah perangkat. Sederhananya, kamu memiliki “*Things*” yang dapat saling terhubung untuk mengumpulkan data dan mengirimkannya ke Internet. Data ini juga dapat diakses oleh “*Things*” lainnya juga. dimana sebuah “*Things*” tertentu memiliki kemampuan untuk mengirimkan data lewat melalui jaringan dimanapun berada dan tanpa adanya interaksi dari manusia ke manusia ataupun dari manusia ke perangkat komputer.

Setiap benda yang ingin terhubung dengan internet harus memiliki sebuah alamat *Internet Protocol (IP)*. Alamat *Internet Protocol (IP)* adalah sebuah identitas dalam jaringan yang membuat benda tersebut bisa diperintahkan dari benda lain dalam jaringan yang sama. Selanjutnya, alamat *Internet Protocol (IP)* dalam benda-benda tersebut akan dikoneksikan ke jaringan internet (Arif et al, 2022).



Gambar 2. 3 Konsep *IoT*

2.4 **Sensor SHT 20 I2C**

Sensor SHT20 dipilih karena memiliki fitur perlindungan ganda terhadap air sehingga cocok untuk digunakan sebagai sensor untuk mengukur temperatur dan kelembapan di luar rumah kaca yang rentan terhadap cuaca seperti hujan dan panas. Berbeda dengan DHT 22 yang lebih cocok untuk mengukur temperatur dan kelembapan di dalam rumah kaca. Sensor SHT20 merupakan sensor berbasis I2C

dan hanya memiliki satu alamat, sehingga hanya satu sensor SHT20 yang diperkenankan untuk digunakan pada satu mikrokontroler (Fredy, 2022).

Tabel 2. 1 Spesifikasi Sensor SHT 20 I2C

Spesifikasi	Deskripsi
Jenis Sensor	Sensor suhu dan kelembapan digital
Antarmuka Komunikasi	I2C (Inter-Integrated Circuit)
Rentang Pengukuran Suhu	-40°C hingga +125°C
Akurasi Suhu	±0.3°C dalam rentang 25°C hingga 50°C
Rentang Pengukuran Kelembapan	0% hingga 100% RH
Akurasi Kelembapan	±3% RH pada 25°C (untuk kelembapan di kisaran 20% hingga 80%)
Resolusi Suhu	14-bit (0.01°C)
Resolusi Kelembapan	12-bit (0.04% RH)
Konsumsi Daya	~0.3 mA pada pengambilan data
Waktu Konversi Suhu	~50 ms
Waktu Konversi Kelembapan	~20 ms
Tegangan Kerja	2.1V hingga 3.6V DC
Kemasan	SOP-8
Fungsi Tambahan	Mode "hold" untuk menyimpan hasil pengukuran tanpa pengukuran ulang
Penyimpanan Data	Register internal untuk menyimpan data pengukuran



Gambar 2. 4 Sensor SHT 20 I2C

2.5 LILYGO T-RELAYS3 T-RELAY S3 ESP32-S3

T-RelayS3 adalah modul relai praktis dengan *Wi-Fi* dan Bluetooth. Modul ini berisi 6 relai dan mikrokontroler ESP32-S3. Modul ini dilengkapi dengan housing yang dapat dipasang pada rel DIN. Selain itu, desainnya menawarkan kemungkinan untuk menambah jumlah relai dengan mudah menggunakan modul berikut: T-Relay Chain - 6 Saluran. Modul ini juga dapat diberi daya melalui USB-C atau dengan jangkauan lebih luas melalui terminal sekrup (Tinytronic, 2023).



Gambar 2. 5 LILYGO T-RELAYS3 T-RELAY S3 ESP32-S3

Tabel 2. 2 Spesifikasi LILYGO T-RELAYS3 T-RELAY S3 ESP32-S3

Komponen	Spesifikasi
MCU	ESP32-S3 (Xtensa® 32-bit LX7 dual-core, hingga 240 MHz)
Memori	16MB Flash, 8MB PSRAM
Relai	6 relai independen, dengan indikator LED biru
Konektivitas Nirkabel	<i>Wi-Fi</i> 802.11 b/g/n, Bluetooth 5 LE
Antarmuka I/O	UART, SPI, I2C, CAN, I2S, SDIO
Port Ekspansi	2 x 10 pin (mendukung <i>LCD</i> dan perangkat tambahan lain)
Relai Tambahan	Mendukung ekspansi hingga total 24 relai (melalui 3 papan tambahan)
Catu Daya	USB Type-C (5V) atau terminal sekrup (7–28V DC)
Dimensi Papan	102 mm x 54 mm

2.6 Nozzle Fogger TW 3010

Misting nozzle fogger stainless TW 3010 dengan orifice 0,3 mm dan tekanan kerja hingga 10 bar adalah komponen yang dirancang untuk menghasilkan kabut halus dari air atau cairan lainnya.

Nozzle ini terbuat dari stainless steel, yang memastikan ketahanan terhadap korosi dan umur panjang. Ukuran orifice 0,3 mm memungkinkan pembentukan partikel kabut berukuran mikro, yang efektif untuk pendinginan, pengendalian kelembapan, dan aplikasi lainnya. Tekanan operasi hingga 10 bar memastikan distribusi kabut yang konsisten dan merata (Fog, 2022).



Gambar 2. 6 Nozzle Fogger TW 3010

2.7 Sensor *Ultrasonic*

Sensor *ultrasonic* tipe A02YYUW merupakan salah satu perangkat yang dapat digunakan untuk mengukur jarak dari suatu objek. Sensor A02YYUW akan mendeteksi benda pada rentang sudut tertentu, yang tertampil Perangkat ini memiliki empat pin keluaran yaitu VCC sebagai power *input*, GND sebagai ground, RX sebagai penerima sinyal dan TX sebagai pemancar sinyal. Sensor *ultrasonic* A02YYUW bekerja dengan memancarkan gelombang *ultrasonic* melalui pemancar (transmitter) dan menerima pantulan gelombang tersebut melalui penerima (receiver). Sensor ini mengukur waktu yang dibutuhkan oleh gelombang untuk kembali setelah dipantulkan oleh objek, yang kemudian dihitung untuk menentukan jarak objek tersebut. Sensor ini memiliki keunggulan tahan air, sehingga cocok digunakan dalam lingkungan yang lembab atau basah (Kusuma, 2021).



Gambar 2. 7 Sensor *ultrasonic* A02YYUW

2.8 *Website*

Website adalah salah satu media dengan tingkat penyebaran yang sangat mudah, dikarenakan sangat mudah untuk diakses. Menyebarkan *website* diatur dari komponen sisi *server* pada jaringan. Pengguna aplikasi *website* dapat dengan mudah menyebarkan informasi tanpa perlu menggunakan aplikasi lain, selama pengguna dapat mengakses internet. Arsitektur dasar aplikasi *website* diantaranya adalah *browser*, koneksi internet dan *website server*. *Browser* meminta “halaman *website*” dari *server*. Kombinasi konten dan instruksi pemformatan, dinyatakan dengan HTML. Situs *website* adalah kumpulan halaman *website* yang dihubungkan bersama dalam domain atau subdomain tertentu yang menyediakan informasi yang dapat diakses oleh pengguna melalui *server* lokal atau *online*. Situs *website* biasanya dirancang untuk memberikan informasi tentang topik tertentu kepada

pengguna, situs tersebut juga dapat digunakan untuk situs pembelian Toko bahkan penjualan produk secara *online*, bahkan melakukan pengontrol pusat pemantauan untuk *IoT* berbasis perangkat (*Internet of Things(IoT)*)(Yuniarti et al, 2022)

BAB III

PERANCANGAN SISTEM

3.1 Penetapan Masalah

Website monitoring ini yaitu untuk memantau kondisi kelembaban dan *Water Level* secara *real-time* dengan menggunakan sensor SHT 20 I2C dan Sensor *ultrasonic* A02YYUW . Berikut spesifikasi tentang alat ini :

Nama Alat : Monitoring dan Kontrol Sistem Penyiraman Nutrisi pada Budidaya

Tanaman Aeroponik Menggunakan ESP32-S3

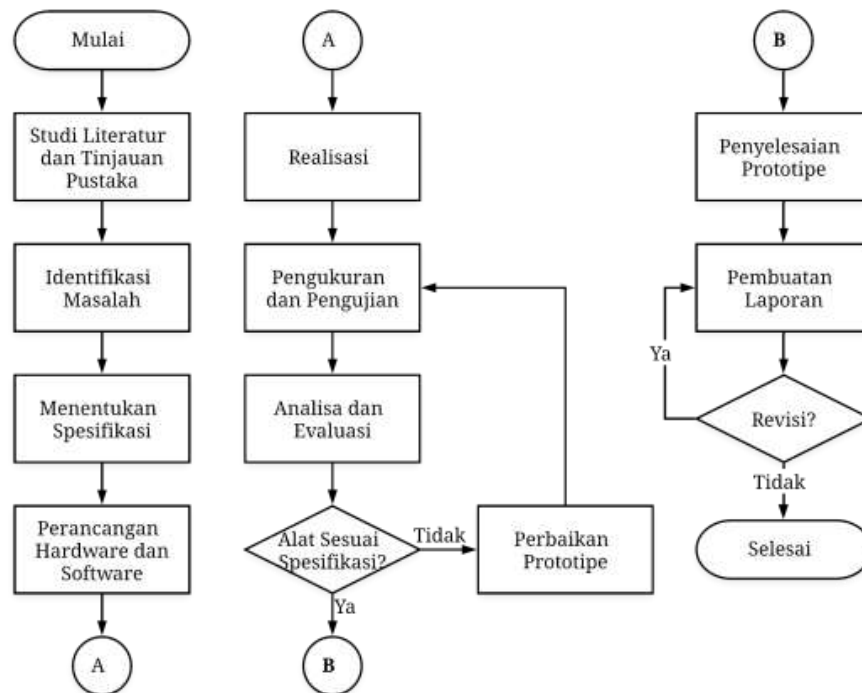
Sensor : Sht 20 I2C dan Sensor *ultrasonic* A02YYUW

Berbasis : *website*

Tempat : *Smart Greenhouse* Universitas Islam Nusantara (UNINUS)

3.2 Alur Perencanaan Penelitian

Untuk memudahkan melakukan penelitian maka dibuat alur perencanaan seperti gambar di bawah.



Gambar 3. 1 Perencanaan Penelitian

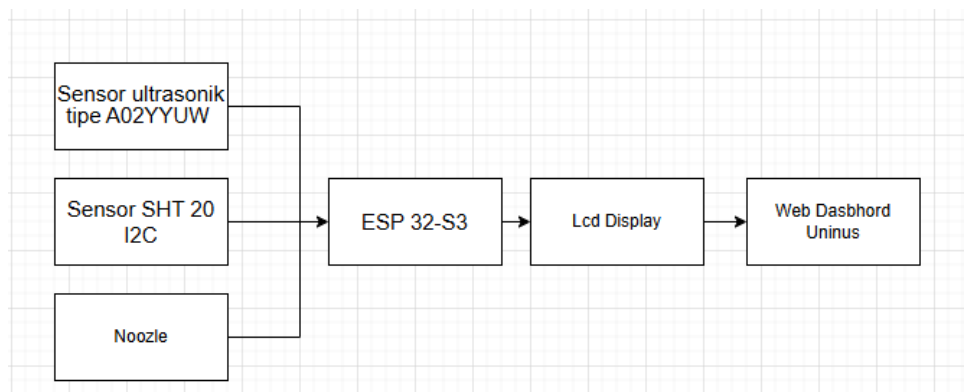
Berdasarkan gambar di atas langkah pertama untuk melakukan penelitian ini adalah menentukan komponen dan alat yang akan digunakan. Berdasarkan komponen dan alat yang telah dipilih langkah selanjutnya yaitu melakukan perancangan *hardware* dan juga perancangan *software*.

Software sendiri yaitu untuk pembacaan data sensor kelembaban dan *water level*. *Software* menampilkan data pada *website* dan *LCD*, Lalu *software* mengirim dan menyimpan data ke *cloud*. Sedangkan *Hardware* mempersiapkan alat dan komponen yang akan di rancang mengikuti panduan pada gambar atau skematik yang sebelumnya sudah di buat.

Setelah alat dirancang dan direalisasikan diperlukan pengukuran dan pengujian agar hasil data dapat dianalisa dan dievaluasi untuk menentukan kelayakan dari alat yang telah dibangun. Pengukuran dan pengujian dilakukan selanjutnya mengimplementasikan dengan objek atau tanaman aeroponik. Lalu yang terakhir yaitu pembuatan laporan untuk kebutuhan tugas akhir.

3.3 Perencanaan Secara Blok Diagram

Dengan dibuatnya Blok Diagram seperti ini akan memudahkan dalam memahami cara kerja alat yang dibuat seperti gambar dibawah ini :



Gambar 3. 2 Blok diagram Alat

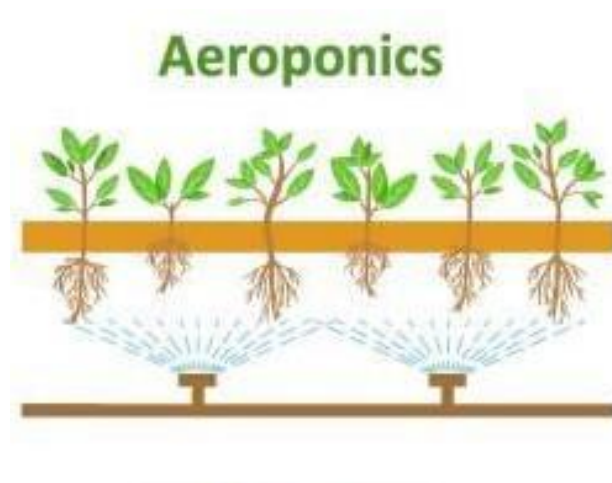
Berdasarkan gambar di atas, cara kerja alat ini yaitu ketika Data yang telah terbaca oleh sensor kelembaban dan ketinggian air, kemudian diolah oleh

mikrokontroler. Data tersebut kemudian dikirimkan dan disimpan di dalam *cloud*. Data yang sudah ada di *cloud* akan *divisualisasikan* di halaman *website* App. Proses pembacaan data sampai *visualisasi* data dilakukan secara *real-time*.

3.4 Rancangan Perangkat Keras

3.4.1 Rancangan ruang penumbuh greenhouse

Dalam merancang ruang tumbuh untuk jarak antar bagian penutup dan dasar kotak yang cukup tinggi (minimal 20cm) agar akar dapat tumbuh dengan baik, antara bagian dasar kotak dan penutupnya tidak terhalangi (ruang bebas) agar kabut dari larutan nutrisi dapat menyebar dengan baik, dapat menjaga kestabilan kelembaban, dan gelap (cahaya dari luar tidak tembus ke dalam kotak, hal ini untuk menjaga agar pertumbuhan akar tetap seperti aslinya jika ditanam di dalam tanah). Selain itu, kriteria non-teknis lainnya yang dijadikan dasar dalam pemilihan kotak untuk ruang tumbuh ini adalah ketersediannya yang mudah didapatkan dan cukup terjangkau harganya.



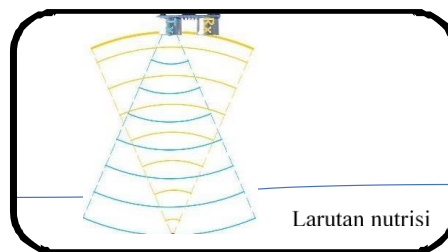
Gambar 3. 3 Ilustrasi Rancangan ruang penumbuh

Gambar tersebut menunjukkan rancangan dasar dari kotak ruang penumbuh yang akan dibuat, dimana terdapat 3 bagian penting yaitu kotak itu sendiri untuk menyimpan dan menampung tanaman, sensor SHT 20 I2C untuk mendeteksi

kelembaban di area ruang penumbuh tanaman kotak tersebut, serta *noozle* yang akan menyemprotkan dalam bak tersebut.

3.4.2 Rancangan Pendeteksi Ketinggian Air

Sensor *ultrasonic* tipe A02YYUW digunakan sebagai pendeteksi ketinggian air larutan nutrisi dengan cara meletakkan sensor ini di bagian penutup dari Box larutan nutrisi, ketinggian larutan nutrisi dapat diketahui dengan cara mengurangi tinggi kotak dengan jarak yang terdeteksi oleh sensor. Untuk contohnya seperti gambar di bawah ini.



Gambar 3. 4 Posisi peletakan sensor *ultrasonic*

3.4.3 Rancangan Pendeteksi Kelembaban

Posisi pemasangan modul sensor SHT 20I2C yang digunakan untuk mendeteksi kelembaban relatif ruang tumbuh, tanaman juga diletakkan pada bagian bawah tanaman box, seperti yang ditunjukkan Gambar dibawah ini.



Gambar 3. 5 Posisi peletakan sensor SHT 20 I2C

3.4.4 Rancangan penyiraman nutrisi

Posisi pemasangan *noozle* yang digunakan untuk penyiraman nutrisi ke tanaman aeroponik dengan menghasilkan kabut halus dari air atau cairan lainnya dan Tekanan operasi hingga 10 bar memastikan distribusi kabut yang konsisten dan merata. Untuk peletakannya di bawah akar tanaman aeroponik.



Gambar 3. 6 Posisi Peletakan *noozle*

3.4.5 Rancangan Rangkain Elektronik Kontrol

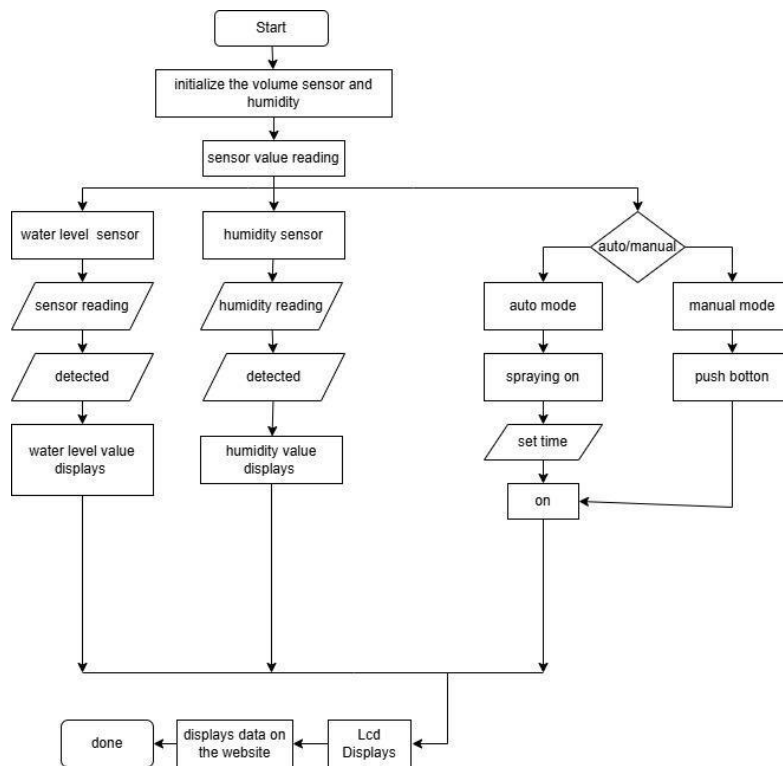
Hubungan dasar antar komponen yang digunakan dalam tugas akhir ini ditunjukkan oleh Gambar di bawah ini. Dapat dilihat bahwa yang menjadi otak dari sistem pengontrolan penyemprotan larutan nutrisi ini adalah LILYGO T-RELAYS3 T-RELAY S3 ESP32-S3, yang akan membaca masukan data dari sensor SHT 20 I2C berupa nilai kelembapan relatif area box tanaman, kemudian diproses oleh mikrokontroler lalu menampilkan nilai tersebut di *LCD* dan di *website*. Sensor *ultrasonic* tipe A02YYUW digunakan untuk mendeteksi ketinggian larutan nutrisi. Ketinggian dijaga pada nilai tinggi optimal. Jika ketinggian larutan nutrisi di bawah nilai optimal Maka harus di isi dengan manual lalu menampilkan nilai tersebut di *LCD* dan *website*, untuk sensor SHT 20 I2C dan Sensor *ultrasonic* yaitu untuk memonitoring. Untuk penyiraman berdasarkan waktu yang sudah di set sesuai kebutuhan dan terdapat penyiraman manual bisa melalui *website* ataupun manual dengan menggunakan push button yang berada di panel.

LILYGO T-RELAYS3 T-RELAY S3 ESP32-S3 ini juga akan melakukan koneksi dengan *website*, salah satu *server* penyedia layanan *IoT* berbasis *cloud*. Dengan terlebih dahulu mengirimkan data-data pembacaan sensor dan status dari

tiap komponen yang ada (apakah sedang dalam keadaan *on/off*), pengguna dapat memantau sistem pengontrolan penyemprotan larutan nutrisi ini dari manapun ia berada selama ada koneksi internet.

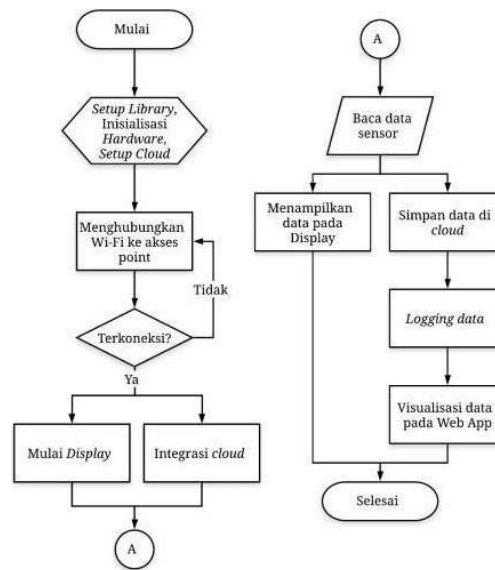


Gambar 3. 7 Hubungan antara tiap komponen



Gambar 3. 8 Flowchart Monitoring dan Kontrol

3.5 Rancangan Perangkat Lunak



Gambar 3. 9 Flowchart program

Langkah pertama adalah *Setup library*, Inisialisasi *Hardware*, *Setup cloud*, yang mencakupnya yaitu Menginisialisasi perangkat keras seperti sensor, display, dan modul komunikasi (*Wi-Fi*), Memuat pustaka (*library*) yang diperlukan untuk mengoperasikan perangkat dan juga Mengatur koneksi ke layanan *cloud* untuk penyimpanan data.

Selanjutnya yaitu Sistem mencoba menghubungkan *Wi-Fi* ke akses point agar dapat mengirim dan menerima data dari *cloud* dan walaupun Jika tidak terkoneksi, sistem mungkin akan berhenti atau mencoba kembali hingga berhasil terhubung, dan Jika terkoneksi, maka program akan melanjutkan dengan dua proses Muat Display dan Memulai tampilan informasi pada layar.

3.6 Perencanaan pengukuran dan pengujian

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian terhadap sensor SHT 20 I2C yang digunakan untuk mengukur tingkat kelembapan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi dan apakah terdapat galat (*error*) pada kondisi *riil* atau tidak. Kemudian dilakukan uji pada pengabut *noozle*, apakah dapat bekerja dengan baik (menghasilkan kabut air atau tidak). Setelah itu dilakukan uji koneksi pada

ESP32-S3, apakah dapat terkoneksi ke internet lewat *Wi-Fi* atau tidak. Setelah semua komponen diuji satu per satu, akan dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan untuk melihat apakah komponen yang terpasang dapat berfungsi seluruhnya dengan baik atau mengalami/memiliki nilai kesalahan tertentu.

Sedangkan *error* dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Error\ absolut = (\text{pembacaan sensor} - \text{alat ukur})$$

Keterangan :

pembacaan sensor : nilai hasil pengukuran atau prediksi

alat ukur : nilai sejati atau nilai referensi

Nilai rata rata *error* digunakan untuk menilai akurasi sensor. Berikut adalah rumus menghitung rata rata (*mean*) yang digunakan dalam semua jenis data :

$$\text{Rata-rata} = \frac{\text{jumlah seluruh nilai}}{\text{Jumlah data}}$$

Keterangan :

Jumlah seluruh nilai : hasil penjumlahan semua nilai (misalnya *error* dari semua percobaan)

Jumlah data : Berapa banyak data yang dihitung (jumlah percobaan)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bab IV ini akan dipaparkan hasil realisasi dari rancangan *monitoring* dan sistem kontrol penyemprotan nutrisi untuk budidaya aeroponik yang telah dilakukan sebelumnya, pengujian dari sensor-sensor serta komponen aktuator yang digunakan pada sistem penyemprotan larutan nutrisi ini dan juga hasil pengujian sistem secara keseluruhan.

4.1 Pengujian sensor SHT 20 I2C

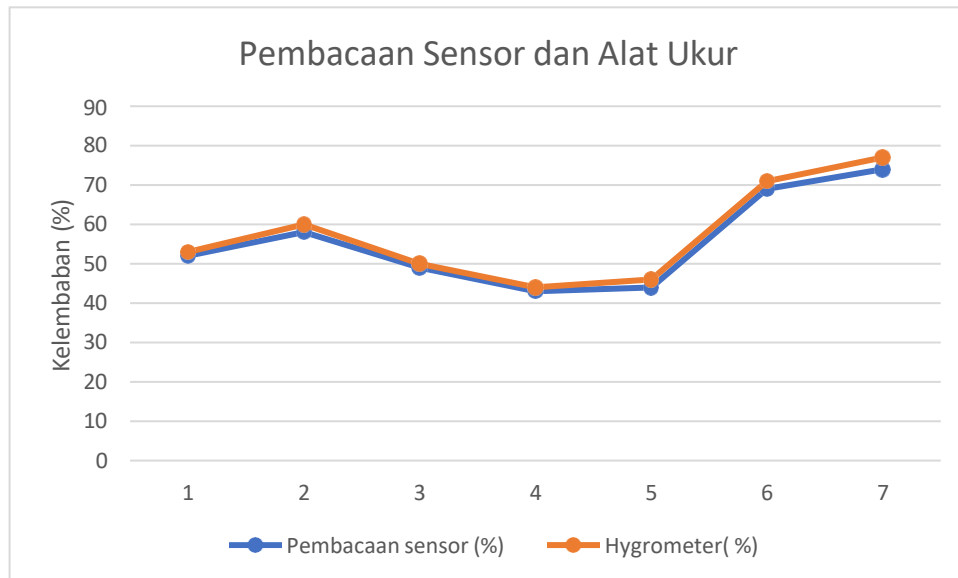
Dilakukan juga uji nilai pembacaan antara sensor SHT 20 I2C dengan Hygrometer, ditunjukkan pada (Gambar 4.1) Hasil perbandingan ini ditampilkan pada (Tabel 4.1).



Gambar 4. 1 Perbandingan nilai pembacaan sensor

Tabel 4. 1 Perbandingan nilai SHT 20 I2C dan Hygrometer

Percobaan ke	Pembacaan sensor (%)	Hygrometer(%)	Error (%)
1	52	53	1
2	58	60	2
3	49	50	1
4	43	44	1
5	44	46	2
6	69	71	2
7	74	77	3
Rata- rata error			1,71



Gambar 4. 2 Grafik perbandingan nilai SHT 20 I2C dan Hygrometer

Dapat dilihat bahwa nilai pembacaan antara alat ukur manual dengan sensor tersebut tidak jauh berbeda. Pada hasil pembacaan kelembapan (satuan%) pengukuran sensor dan alat ukur menunjukkan nilai yang cukup berbeda (rata-rata $error = 1,71\%$)

4.2 Pengujian sensor *ultrasonic*

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa sensor *ultrasonic* mampu mendeteksi ketinggian larutan nutrisi secara akurat dan stabil. Sensor ditempatkan pada bagian atas wadah penampung larutan dan berfungsi untuk membaca jarak antara permukaan cairan dengan sensor. Ketinggian total wadah ditetapkan sebesar 35 cm, diukur dari penutup container box hingga ke dasar wadah larutan nutrisi (Gambar 4.3).

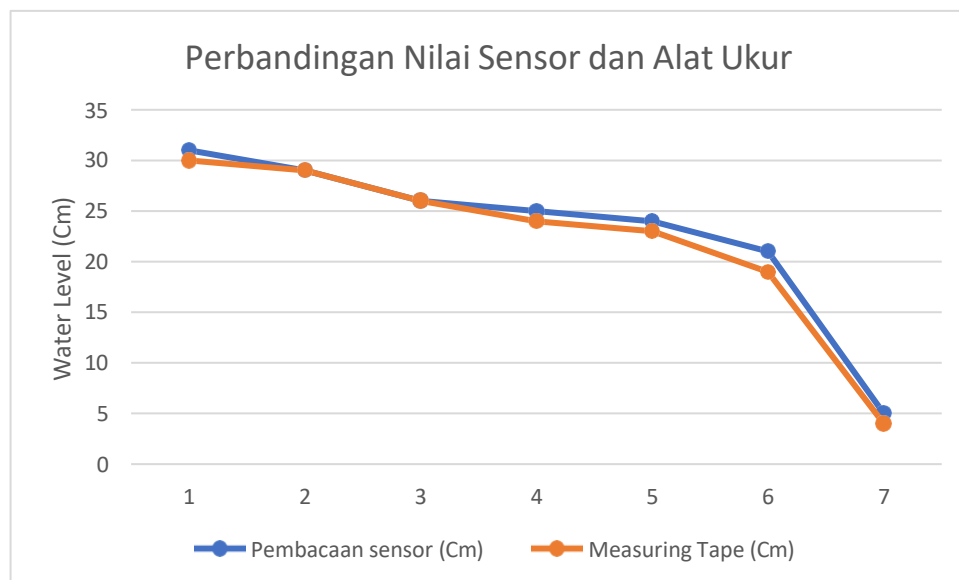
Data yang diperoleh digunakan untuk menentukan tinggi larutan yang tersisa. Apabila tinggi larutan kurang dari 5 cm, sistem akan memberikan notifikasi berupa bunyi *buzzer* sebagai indikasi bahwa volume larutan berada pada *level* rendah. Bertujuan untuk mengevaluasi tingkat akurasi dan kestabilan sensor *ultrasonic* dalam mengukur ketinggian cairan secara berkelanjutan.



Gambar 4. 3 Penampungan Nutrisi

Tabel 4. 2 Perbandingan nilai sensor dan Measuring Tape

Percobaan ke	Pembacaan sensor (Cm)	Measuring Tape (Cm)	Error (Cm)
1	31	30	1
2	29	29	0
3	26	26	0
4	25	24	1
5	24	23	1
6	21	19	2
7	5	4	1
Rata – rata error			0,86

Gambar 4. 4 Grafik perbandingan nilai sensor *ultrasonic* dan Measuring tape

Berdasarkan hasil pengujian, sensor *ultrasonic* A02YYUW menunjukkan kemampuan yang cukup baik dalam membaca ketinggian larutan nutrisi di dalam

wadah penampung. Sensor ini mampu memberikan hasil pengukuran dengan tingkat *error* yang relatif kecil, yakni rata-rata kurang dari 0,86 cm terhadap nilai sebenarnya. Hal ini menunjukkan bahwa sensor bekerja secara akurat dan konsisten dalam mendeteksi permukaan cairan. Oleh karena itu, sensor A02YYUW dinilai layak digunakan sebagai komponen utama dalam sistem monitoring ketinggian larutan nutrisi pada prototipe smart aeroponik ini.

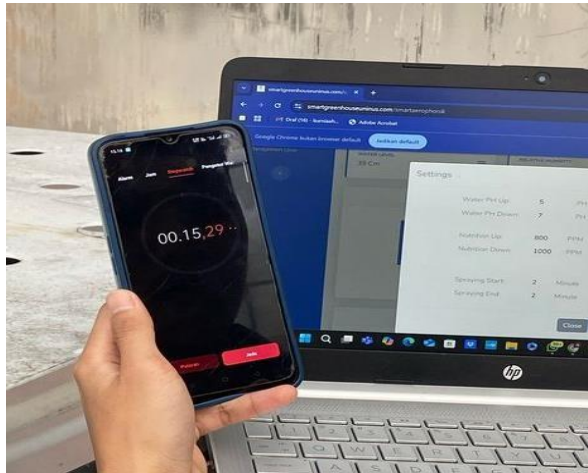
4.3 Pengujian Penggunaan *noozle*

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem penyiraman otomatis dapat beroperasi sesuai dengan jadwal yang telah diprogram. Fitur ini memungkinkan proses penyemprotan larutan nutrisi dilakukan secara berkala dan otomatis tanpa memerlukan intervensi langsung dari pengguna.

Penyiraman diatur menggunakan fungsi pewaktu internal mikrokontroler. Dalam prototipe ini, sistem dirancang untuk menyemprotkan larutan nutrisi selama 1 menit setiap interval 10 menit.

Logika Kerja Sistem:

1. Saat sistem dinyalakan, pewaktu (*timer*) akan mulai menghitung waktu.
2. Ketika waktu mencapai 10 menit, pompa akan diaktifkan selama 1 menit untuk menyemprotkan nutrisi.
3. Setelah proses penyemprotan selesai, sistem akan kembali menghitung waktu dari awal dan mengulangi siklus yang sama.
4. Waktu diukur menggunakan *stopwatch* dengan pengoperasian manual, sehingga intervensi manusia tidak dapat dihindari.



Gambar 4. 5 Pengujian penyiraman nutrisi

Tabel 4. 3 Pengujian Penyiraman Spray

Percobaan ke	Waktu ON Aktual (detik)	Error ON (detik)	Waktu OFF aktual (detik)	Error OFF (detik)
1	59,50	0,5	601,55	1,55
2	60,33	0,33	600,24	0,24
3	58,55	1,45	599,05	0,95
4	61,01	1,01	603,15	3,15
5	62,31	2,31	602,10	2,1
6	61,66	1,66	598,00	2
7	60,11	0,11	598,87	1,13
Rata-rata error	1,05		1,59	

Berdasarkan hasil pengujian, sistem penyemprotan otomatis mampu bekerja secara konsisten dengan waktu yang cukup presisi. Penyimpangan waktu rata-rata sebesar 1,05 detik (ON) dan 1,59 detik (OFF) masih dapat ditoleransi. Hal ini menunjukkan bahwa logika *timer* dalam mikrokontroler ESP32-S3 bekerja dengan stabil dan layak diterapkan dalam sistem aeroponik otomatis.

BAB V

SARAN DAN KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Pada Bab IV telah dilakukan realisasi dan pengujian dari sistem *monitoring* dan kontrol penyemprotan nutrisi untuk budidaya aeroponik. Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. A. Sensor kelembapan SHT20 I2C menunjukkan performa yang cukup baik dengan rata-rata *error* sebesar 1,71% jika dibandingkan dengan hygrometer manual. Hal ini membuktikan sensor tersebut cukup akurat dan layak untuk digunakan dalam sistem pemantauan lingkungan budidaya.
B. Sensor *ultrasonic* A02YYUW mampu mendeteksi tinggi larutan nutrisi secara akurat dengan rata-rata *error* sebesar 0,86 cm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor bekerja secara konsisten dan dapat diandalkan dalam sistem monitoring ketinggian larutan.
2. Sistem penyemprotan otomatis menggunakan mikrokontroler ESP32-S3 bekerja sesuai dengan logika pewaktu yang telah diprogram, dengan rata-rata *error* waktu *ON* sebesar 1,05 detik dan *OFF* sebesar 1,59 detik. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja stabil dan sesuai jadwal dalam menyemprotkan nutrisi secara berkala.

Secara keseluruhan, seluruh komponen sistem mulai dari *growbox*, sensor, hingga aktuator telah diuji dan menunjukkan kinerja yang sesuai harapan. Hasil ini mendukung kelayakan sistem sebagai prototipe awal smart aeroponik yang efisien dan otomatis.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk pengembangan lebih lanjut, yaitu:

1. Proses pengisian air dapat dikembangkan menjadi sistem otomatis untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi ketergantungan pada pengoperasian manual.

2. Perlu diberikan perhatian lebih terhadap program *preventive maintenance* guna menjaga kinerja alat dan mengurangi risiko kerusakan.
3. Sistem penyiraman sebaiknya dikembangkan berbasis sensor untuk menyesuaikan kebutuhan air tanaman secara lebih akurat dan optimal.

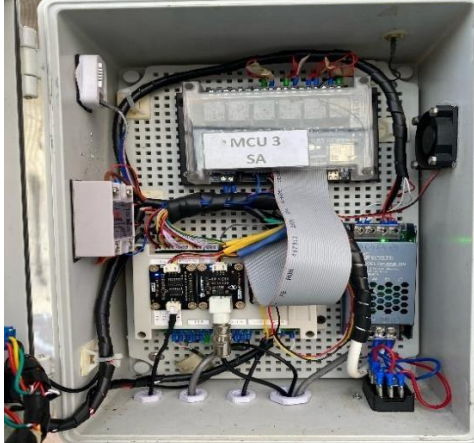

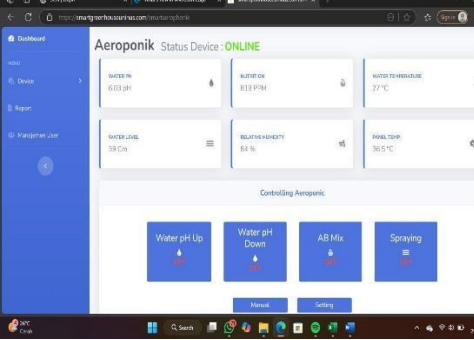


DAFTAR PUSTAKA

- Aditiya IM. Miliki Jutaan Hektare, Inilah 10 Provinsi dengan Lahan Sawah Terluas di Indonesia. Good News From Indonesia. Published May 7, 2021. Accessed February 4, 2025. <https://www.goodnewsfromindonesia.id/2021/05/07/miliki-jutaan-hektare-lahan-inilah-10-provinsi-dengan-lahan-sawah-terluas-di-indonesia>
- Aipina, D. (2022). PEMANFAATAN FRAMEWORK LARAVEL DAN FRAMEWORK. 36 Jurnal Media Infotama Vol.18 No.1 2022, 18.
- Anggraini, D., Prayogo, S. S., Suhartini, & Permadi, Y. (2023). Sistem Automasi Dan Monitoring Pada Metode Pertanian Aeroponik. Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Rekayasa, 28(1), 1-14.
- Dame1, K. A. (2023). PEMANFAATAN SISTEM OTOMASI NUTRISI DAN MONITORING. Jurnal Ilmiah Realtech Vol. 19 No. 2 Oktober 2023 | e-ISSN 2621-590X | p-ISSN 1907-0837, 1-2.
- Endra, R. Y., Cucus, A., & S Wulandana, M. A. (2020). Perancangan Aplikasi Berbasis *website* Pada System Aeroponik Untuk Monitoring Nutrisi Menggunakan Framework Codeigniter. EXPLORE Jurnal Sistem Informasi Dan Telematika (Telekomunikasi, Multimedia Dan Informatika, 11(1), 10-16.
- Faisal, A., Mulyana, A., & Hartaman, A. (2019). Kontrol Dan Monitoring Budidaya Sayuran Dengan Metode Aeroponik Berbasis Mikrokontroler. E-Proceeding Of Applied Science, 5(1), 223-234.
- Fog N. Natural Fog High Pressure Mist and Fog Nozzle Anti-Drip Testing - Qatar Customer. YouTube. Published August 2, 2022. Accessed February 4, 2025. <https://www.youtube.com/watch?v=d9lAPIM9HkQ>
- Imroatul Hudati, Kusuma DY, Novita Bayu Permatasari, Resa Rostira Pebriani. Sensor *ultrasonic Waterproof* A02YYUW Berbasis Arduino Uno pada Sistem Pengukuran Jarak. Jurnal Listrik Instrumentasi dan Elektronika Terapan. 2021;2(2). doi:<https://doi.org/10.22146/juliet.v2i2.71146>
- Laksono, R. A. (2021). Interval Waktu Pemberian Nutrisi Terhadap Produksi Tanaman Selada Hijau (*Lactuca Sativa* L) Varietas New Grand Rapid Pada Sistem Aeroponik. Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian, 9(1). 1-6.

- LilyGO T-RelayS3 - ESP32-S3 Relay Development Board - 6 Channels - LILYGO-H629. Tinytronics.nl. Published 2023. Accessed February 4, 2025. <https://www.tinytronics.nl/en/development-boards/microcontroller-boards/with-Wi-Fi/lilygo-t-relays3-esp32-s3-relay-developement-board-6-channels>
- Naa, C. F. (2022). Greenhouse Monitoring System using ESP32,. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer* vol. 11 no. 3 September-December 2022, pp. 133-138, 11, 134-135.
- Nurpauziah, I., & Riani, S. (2024). Identifikasi Budidaya Tanaman Kentang (*Solanum Tuberosum* L.) Varietas Granola Dengan Sistem Aeroponik. *Jurnal Biosains Medika*, 2(1), 15-21. (2)
- Rivai, S. S. (2018). Monitoring dan Kontrol Sistem Penyemprotan Air. *JURNAL TEKNIK ITS* Vol. 7, No. 2, (2018) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print), 7, 381 - 382.
- Selay, A. (2022). *Internet of Things (IoT)*. Karimah Tauhid, Volume 1 Nomor 6 (2022), e-ISSN 2963-590X | Selay et al., I, 861 - 863.
- Syaiful. *TEKNIS AEROPONIK DAN SISTEM HIDROPONIK*. FAKULTAS HUKUM | Inovatif, Berkepribadian dan Mandiri. Published June 10, 2022. Accessed February 4, 2025. <https://hukum.uma.ac.id/2022/06/10/teknis-aeroponik-dan-sistem-hidroponik/>
- Zidni, G. S., & Ikrimach, I (2023). Implementasi Metode Fuzzy Logic Dan lot Untuk Klasifikasi Kondisi Kesehatan Denyut Jantung Berbasis Android. *Edumatic Jurnal Pendidikan Informatika*, 7(2), 366-375.

LAMPIRAN

Foto saat alat pengujian di *Smart Greenhouse* Universitas Islam Nusantara

 <p>A photograph showing the internal hardware of the smart aeroponic system. It features a breadboard with an MCU 3 SA microcontroller, various sensors, and a power supply unit connected to a white plastic enclosure.</p>	 <p>A person wearing a black cap is using a smartphone to measure the SHT 20 12C sensor. The sensor is placed on a white tray, and the person is holding the phone close to it to capture data.</p>
<p>Rancangan <i>Hardware</i> Sistem Aeroponik</p>	<p>Proses Pengukuran Sensor SHT 20 12C</p>
 <p>A screenshot of the smart aeroponic system's web dashboard. The interface shows real-time data for water pH (6.13), water level (59 Cm), humidity (84 %), and panel temperature (36.5 °C). It also includes control buttons for 'Water pH Up', 'Water pH Down', 'AB Mix', and 'Spraying'.</p>	 <p>A person is using a laptop to monitor the smart aeroponic system. The laptop screen displays the system's interface, and the person is also holding a smartphone, likely for data collection or control.</p>
<p>Tampilan <i>website</i> Sistem Aeroponik</p>	<p>Proses Penghitungan <i>timer</i> penyiraman <i>Smart</i> Aeroponik</p>
 <p>A person is measuring the water level in a white container using a yellow measuring tape. A smartphone is placed nearby, likely to record the measurement data.</p>	<p>Link Codingan <i>Smart</i> Aeroponik dan data <i>Report</i> Aeroponik https://drive.google.com/drive/folders/1xnQ-myY7VNE8RCznt8_sN4RbHY6Vt-9x</p>
<p>Proses pengukuran <i>Water Level</i></p>	<p>Link Codingan <i>Smart</i> Aeroponik dan data <i>Report</i> Aeroponik https://drive.google.com/drive/folders/1xnQ-myY7VNE8RCznt8_sN4RbHY6Vt-9x</p>