

**ANALISIS AKURASI *SYSTEM SMART HYDROPONICS*
BERBASIS IOT PADA UNINUS *SMART GREENHOUSE*
MENGUNAKAN PENDEKATAN REGRESI LINEAR**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Strata Satu (S1) Pada
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Islam Nusantara

Oleh:

MUHAMMAD IQBAL RIZALDI

4103 7002 21 1022



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

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS AKURASI *SYSTEM SMART HYDROPONICS* BERBASIS IOT
PADA UNINUS *SMART GREENHOUSE* MENGGUNAKAN
PENDEKATAN REGRESI LINEAR**

MUHAMMAD IQBAL RIZALDI

4103 7002 21 1022

Disetujui dan disahkan pada Sidang Skripsi
pada tanggal:

Bandung, 06 Mei 2025

Pembimbing I

Pembimbing II

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

Dr. Iksal Rachman, M.T.

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Prodi Teknik Elektro

Dr. Ricky Yoseptry, S.T., M.M.Pd.

Muhammad Zimamul Adli, M.Si.

LEMBAR PENGESAHAN

REVISI SKRIPSI

**ANALISIS AKURASI *SYSTEM SMART HYDROPONICS* BERBASIS IOT
PADA UNINUS *SMART GREENHOUSE* MENGGUNAKAN
PENDEKATAN REGRESI LINEAR**

Telah Direvisi

Oleh:

MUHAMMAD IQBAL RIZALDI

4103 7002 21 1022

Bandung, 15 Mei 2025

Mengesahkan,

Penguji I

Penguji II

Muhammad Zimamul Adli, M.Si.

Osphanie Mentari, S.T., M.T

Ketua Sidang

Dr. Ricky Yoseptry, S.T., M.M.Pd.

LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Iqbal Rizaldi

NIM : 41037002211022

Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan bahwa Skripsi yang berjudul:

ANALISIS AKURASI *SYSTEM SMART HYDROPONICS* BERBASIS IOT PADA UNINUS *SMART GREENHOUSE* MENGGUNAKAN PENDEKATAN REGRESI LINEAR dibuat dengan sebenar-benarnya dari penelitian, pemikiran, dan pemaparan hasil saya sendiri, untuk melengkapi sebagai pernyataan menjadi sarjana (S1) pada program studi 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 gelar jenjang (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, 15 April 2025

Yang membuat Pernyataan,

Muhammad Iqbal Rizaldi

NIM. 41037002211022

BIODATA PENULIS



Nama : Muhammad Iqbal Rizaldi
Tempat, Tanggal Lahir: Banjarnegara, 14 Januari 2003
Telepon : +6285156484595
Email : iqbaalrizaldi7@gmail.com
Riwayat Pendidikan : SD Negeri Margahayu Utara 2
MTs Negeri 1 Kota Bandung
SMK Negeri 4 Bandung

KATA PENGANTAR

Segala puja dan puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan kesehatan kepada kita semua sehingga dapat membuat tugas akhir yang berjudul “*ANALISIS AKURASI SYSTEM SMART HYDROPONICS BERBASIS IOT PADA UNINUS SMART GREENHOUSE MENGGUNAKAN PENDEKATAN REGRESI LINEAR*”. Adapun Tujuan dari disusunnya Skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat menyelesaikan program sarjana pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Islam Nusantara.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini diantaranya:

1. Kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, karunia, serta kesehatan sampai saat ini.
2. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan kepada penulis.
3. Prof. Dr. Endang Komara, M.Si., selaku Rektor Universitas Islam Nusantara, yang telah memberikan fasilitas dan dukungan akademik selama proses perkuliahan.
4. Dr. Ricky Yoseptry., S.T., M.M.Pd., selaku Dekan Fakultas Fakultas Teknik, atas dukungan dan bimbingannya.
5. Muhammad Zimamul Adli, M.Si. Selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro, yang telah memberikan masukan dan arahan kepada penulis.
6. Ganis Sanhaji, S.Si., M.Sc. Selaku dosen wali dan dosen pembimbing I skripsi yang telah memberikan masukan, saran, kritik, dan arahan kepada penulis dalam proses penyusunan skripsi ini.
7. Dr. Iksal Rachman, M.T Selaku dosen pembimbing II skripsi yang telah memberikan masukan, saran, kritik, dan arahan kepada penulis dalam proses penyusunan skripsi ini.

8. Saudari Novi Siti Hamzah, yang selalu menemani, memberikan dukungan, motivasi dan selalu mengingatkan penulis hingga proposal tugas akhir ini dapat terselesaikan.
9. Kepada seluruh pihak Fakultas Teknik Universitas Islam Nusantara Bandung.
10. Kepada seluruh pihak Universitas Islam Nusantara Bandung.
11. Teman-teman angkatan 2021 Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Nusantara, yang senantiasa saling memberi semangat.
12. Teman-teman tim *Smart Hydroponics, Smart Greenhouse, Smart Aeroponik*, dan
13. Semua pihak yang senantiasa mendukung penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan baik dari segi teknik penyajian maupun dari segi penulisan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun guna perbaikan dan penyempurnaan Skripsi ini di masa mendatang. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang berkepentingan dan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di masa mendatang. Akhir kata, semoga atas bantuan dan ketulusan hati yang telah diberikan oleh semua pihak dibalas oleh Tuhan dan semoga langkah kita selalu dalam lindungan-Nya. Demikian, Semoga Skripsi ini dapat diterima sebagai ide atau gagasan yang menambah kekayaan intelektual bangsa.

Bandung, 15 April 2025

MUHAMMAD IQBAL RIZALDI

NIM. 41037002211022

ABSTRAK

Nama : Muhammad Iqbal Rizaldi

Program Studi : Teknik Elektro

Judul : ANALISIS AKURASI *SYSTEM SMART HYDROPONICS* BERBASIS IOT PADA UNINUS *SMART GREENHOUSE* MENGGUNAKAN PENDEKATAN REGRESI LINEAR

Smart hydroponics berbasis *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pemantauan suhu air, pH, dan kadar nutrisi (TDS) secara *real-time*, sehingga mendukung pertanian modern yang presisi. Namun, akurasi sensor menjadi faktor penting dalam menjamin keandalan sistem. Penelitian ini menganalisis akurasi sensor suhu, pH, dan TDS pada sistem *smart hydroponics* di UNINUS *Smart Greenhouse* dengan membandingkannya terhadap alat ukur konvensional menggunakan pendekatan regresi linear.

Pengujian dilakukan selama dua hari dengan interval waktu 10 menit. Sensor suhu (DS18B20) menunjukkan akurasi tinggi (99,59%, $R^2 = 0,84$), sensor TDS (KG3002) menunjukkan performa cukup stabil, sementara sensor pH (SEN0169-V2) cenderung *overestimate* dengan akurasi rendah ($R^2 < 0,11$).

Pendekatan regresi linear efektif dalam mengevaluasi dan mengkalibrasi sensor suhu DS18B20 dan sensor TDS KG3002. Namun, pada sensor pH SEN0169-V2 kurang efektif dikarenakan pembacaan sensor yang kurang variatif dibanding alat ukur. Hasil menunjukkan bahwa sistem *smart hydroponics* berbasis IoT berpotensi mendukung pertanian presisi jika dilakukan evaluasi dan kalibrasi sensor secara berkala, sehingga dapat meningkatkan efisiensi pertanian hidroponik.

Kata Kunci: *Smart Hydroponics*, IoT, Akurasi Sensor, Regresi Linear, *Smart Greenhouse*

ABSTRACT

Name : Muhammad Iqbal Rizaldi

Study Program: Electrical Engineering

Title : Accuracy Analysis an IoT-Based Smart Hydroponics System in UNINUS Smart Greenhouse Using a Linear Regression Approach

Smart hydroponics based on the Internet of Things (IoT) enables real-time monitoring of water temperature, pH, and nutrient concentration (TDS), supporting modern precision agriculture. However, sensor accuracy plays a critical role in ensuring the reliability of the system. This study analyzes the accuracy of temperature, pH, and TDS sensors in a smart hydroponics system implemented at the UNINUS Smart Greenhouse by comparing sensor readings with conventional measurement tools using a linear regression approach.

The testing was conducted over two days with data collected at 10-minute intervals. The temperature sensor (DS18B20) demonstrated high accuracy (99.59%, $R^2 = 0.84$), the TDS sensor (KG3002) showed fairly stable performance, while the pH sensor (SEN0169-V2) tended to overestimate values and displayed low accuracy ($R^2 < 0.11$).

The linear regression approach is effective in evaluating and calibrating the DS18B20 temperature sensor and the KG3002 TDS sensor. However, it is less effective for the SEN0169-V2 pH sensor due to less varied sensor readings compared to the measuring instrument. The results indicate that the IoT-based smart hydroponics system has the potential to support precision agriculture if sensor evaluation and calibration are conducted regularly, thereby improving the efficiency of hydroponic farming.

Keywords: *Smart Hydroponics, IoT, Sensor Accuracy, Linear Regression, Smart Greenhouse*

DAFTAR ISI

LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	iii
LEMBAR PENGESAHAN	i
BIODATA PENULIS.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Jadwal Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Penelitian Terdahulu.....	7
2.2 <i>Smart Hydroponics</i>	10
2.3 <i>Internet of Things</i>	11
2.4 Sensor.....	12
2.5 Pengaruh Akurasi Pembacaan Sensor	14
2.6 Pendekatan Regresi Linear.....	15
2.7 Posisi Penelitian	16
BAB III PERANCANGAN SISTEM DAN IMPLEMENTASI SISTEM	18
3.1 Kerangka Berpikir.....	18
3.2 Metode Penelitian	19
3.3 Perencanaan Penelitian.....	19

3.4	Perencanaan Blok Diagram Sistem	21
3.5	Perencanaan Secara Blok Diagram	24
3.6	Perencanaan Pengukuran dan Pengujian Serta Analisis.....	26
3.7	Perencanaan Analisis Akurasi	29
BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISIS		31
4.1	Pengujian Suhu, pH dan Kadar Nutrisi (TDS).....	31
4.2	Analisis Akurasi Sensor dengan Pendekatan Regresi Linear.....	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		52
5.1	Kesimpulan	52
5.2	Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA.....		56
LAMPIRAN.....		58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Desain Alat <i>Smart Hydroponics</i>	11
Gambar 2. 2 Sensor Suhu Air <i>DFRobot: Waterproof DS18B20</i>	13
Gambar 2. 3 Sensor pH air <i>DFRobot Gravity: Analog pH Sensor SEN0169-V2</i> 13	
Gambar 2. 4 Sensor TDS <i>DFRobot: Analog TDS Sensor/Meter KG3002</i>	14
Gambar 3. 1 Blok Diagram Sistem	21
Gambar 3. 2 Flowchart Sistem Pengujian.....	24
Gambar 4.1 Grafik Regresi Linear Sensor Suhu (°C) Pada Hari Ke-1	36
Gambar 4.2 Grafik Regresi Linear Sensor Suhu (°C) Pada Hari Ke-2	38
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Sensor Dengan Alat Ukur (°C).....	41
Gambar 4.4 Grafik Regresi Linear Sensor pH Pada Hari Ke-1	42
Gambar 4.5 Grafik Regresi Linear Sensor pH Pada Hari Ke-2	43
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Sensor pH Dan Alat Ukur	47
Gambar 4.7 Grafik Regresi Linear Sensor TDS Pada Hari Ke-1	47
Gambar 4.8 Grafik Regresi Linear Sensor TDS Pada Hari Ke-2	48
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Sensor TDS dan Alat Ukur	52
Gambar L.1 Surat Permohonan Penelitian.....	59
Gambar L.2 Kartu Bimbingan Tugas Akhir.....	61
Gambar L.3 Lokasi Penelitian	62
Gambar L.4 Skematik Rangkaian Sistem <i>Smart Greenhouse</i>	62
Gambar L.5 Tampilan <i>Website</i> untuk Monitoring.....	63
Gambar L.6 Alat Monitoring <i>Smart Greenhouse</i>	63
Gambar L.7 Pengkalibrasian Alat Ukur	64
Gambar L.8 Pengukuran Menggunakan Alat Ukur.....	64
Gambar L.9 Pengambilan Data Pembacaan Sensor	65
Gambar L.10 Pencatatan Pembacaan Pengukuran Alat Ukur	65

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Jadwal Penelitian	5
Tabel 2.1 <i>State of The Arts</i>	7
Tabel 4.1 Data Pengujian Sensor Suhu (°C) Hari Ke-1	31
Tabel 4.2 Data Pengujian Sensor Suhu (°C) Hari Ke-2	32
Tabel 4.3 Data Pengujian Sensor pH Pada Hari Ke-1	33
Tabel 4.4 Data Pengujian Sensor pH Pada Hari Ke-2	34
Tabel 4.5 Data Pengujian Sensor TDS Pada Hari Ke-1	34
Tabel 4.6 Data Pengujian Sensor TDS Pada Hari Ke-1	35
Tabel 4.7 Data Persentase <i>Error</i> dan Akurasi Sensor Suhu DS18B20 (°C)	39
Tabel 4.8 Data Persentase <i>Error</i> dan Akurasi Sensor pH SEN0169-V2	45
Tabel 4.9 Data Persentase <i>Error</i> dan Akurasi Sensor TDS KG3002 (ppm)	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris di mana sebagian besar penduduknya mengandalkan sektor pertanian sebagai mata pencaharian. Saat ini, pertanian masih banyak dijalankan oleh masyarakat, terutama di kalangan ekonomi kecil. Namun, di daerah terpencil, pemanfaatan serta pengembangan teknologi masih terbatas, padahal teknologi dapat membantu dalam pengelolaan lahan dan hasil pertanian. Sebagian besar petani masih sangat bergantung pada kondisi cuaca, sehingga hasil panen tidak selalu optimal jika cuaca tidak mendukung (Ronaldo et al, 2020).

Aktivitas manusia dalam memenuhi kebutuhan hidup juga meningkatkan permintaan akan lahan, menjadikan lahan pertanian sebagai elemen penting dalam keberlangsungan hidup. Namun, lahan semakin berkurang karena banyak dialihfungsikan untuk pemukiman, bisnis, pembangunan infrastruktur, serta fasilitas umum lainnya. Penggunaan lahan yang tidak terkendali ini berkontribusi pada terganggunya keseimbangan ekosistem (Ronaldo et al, 2020).

Sejak abad ke-16, eksperimen dalam ilmu nutrisi telah dilakukan dengan mengembangkan metode pertanian hidroponik. Seiring waktu, teknik pertanian berbasis teknologi tinggi ini semakin populer dan dikenal di berbagai belahan dunia. Kata "hidroponik" berasal dari bahasa latin *hydros* yang berarti air dan *phonos* yang berarti kerja, sehingga secara harfiah berarti "kerja air." Hidroponik kemudian diidentifikasi sebagai metode bercocok tanam tanpa menggunakan tanah (*soilless cultivation* atau *soilless culture*). Pada awalnya, teknik ini dilakukan dengan menanam tanaman dalam wadah berisi air yang telah dicampur dengan pupuk mikro dan makro (Masduki A, 2017).

Hidroponik mulai dikenal di Indonesia pada tahun 1970-an dan telah berkembang menjadi salah satu metode pertanian yang paling efektif. Iin Hasim menggunakan teknik hidroponik untuk tanaman hias di Singapura, sementara Bob Sadino mengembangkan sayuran hidroponik secara komersial di Indonesia pada tahun 1982. Sistem hidroponik kemudian dikembangkan oleh beberapa perusahaan,

seperti Agrikultura dan PT Kebun Sayur Segar, untuk meningkatkan produksi pertanian di Indonesia. Pengembangan hidroponik ini membantu meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian di Indonesia, serta memberikan solusi untuk permasalahan lahan yang terbatas dan meningkatkan kualitas hasil pertanian (Radinka et al, 2023).

Hidroponik merupakan salah satu teknologi pertanian modern yang tidak memerlukan tanah sebagai media tanam, melainkan memanfaatkan air dan nutrisi yang diatur secara presisi. Salah satu teknik hidroponik yang sering digunakan adalah *Deep Flow Technique* (DFT), di mana akar tanaman direndam dalam larutan nutrisi dengan kedalaman tertentu. Metode ini dikenal karena efisiensinya dalam penggunaan air dan nutrisi serta hasil panen yang lebih cepat dibandingkan metode konvensional (Resh et al, 2012).

Dengan kemajuan teknologi, pemanfaatan sensor berbasis IoT seperti SHT20 (untuk suhu dan kelembaban), TDS meter (untuk konsentrasi larutan), DS18B20 (untuk suhu media), dan pH meter menjadi solusi efektif dalam memantau kondisi lingkungan pertumbuhan tanaman (Firmansyah et al., 2023). Sensor-sensor ini terhubung dengan mikrokontroler yang dapat mengolah data dan secara otomatis mengaktifkan aktuator, seperti pompa nutrisi atau kipas pendingin. Teknologi ini memungkinkan sistem untuk merespon perubahan lingkungan dengan lebih cepat, sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan memastikan pertumbuhan tanaman yang optimal (Siregar et al., 2021).

Universitas Islam Nusantara merupakan salah satu universitas yang mempunyai sistem *smart greenhouse* berbasis IoT. Dalam sistem *smart greenhouse* tersebut terdapat salah satu sistem pertanian modern berbasis IoT berupa sistem *smart hydroponics* yang terintegrasi dengan sensor untuk pembacaan parameter lingkungan seperti pH air, suhu air, dan kadar nutrisi dalam air yang bertujuan dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam pertanian hidroponik.

Namun, dalam pengaplikasian sistem *smart hydroponics* tersebut terdapat kemungkinan akurasi pembacaan sensor dan alat ukur konvensional mempunyai perbedaan. Perbandingan akurasi sensor dengan alat ukur konvensional sangat

penting untuk memastikan keandalan data yang diperoleh dalam sistem hidroponik berbasis IoT. Sensor yang digunakan harus mampu memberikan hasil pengukuran yang akurat dan konsisten, karena data ini akan menjadi dasar dalam analisis regresi linear serta pengambilan keputusan otomatis. Jika akurasi sensor terlalu jauh berbeda dari alat ukur konvensional yang telah terverifikasi, maka sistem dapat menghasilkan rekomendasi yang kurang tepat, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan efisiensi penggunaan sumber daya.

Validasi terhadap alat ukur konvensional diperlukan untuk memastikan bahwa sensor mampu menggantikan metode manual dengan tingkat kesalahan yang dapat diterima. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan pembacaan sensor dengan alat ukur konvensional guna mengetahui akurasi pembacaan sensor pada sistem *smart hydroponics* yang terdapat di smart greenhouse Universitas Islam Nusantara dan meningkatkan akurasi, efisiensi dan produktivitas dari *smart hydroponics* tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana tingkat akurasi sensor dalam membaca parameter lingkungan dibandingkan dengan alat ukur konvensional?
2. Bagaimana hubungan antara hasil pengukuran dan akurasi sensor dengan alat ukur konvensional berdasarkan analisis regresi linear?
3. Bagaimana efektivitas sistem IoT dalam mendukung pengelolaan *smart Hydroponics* berdasarkan hasil validasi sensor?

1.3 Batasan Masalah

1. Penelitian ini berfokus pada perbandingan hasil pembacaan sensor dalam sistem *smart hydroponics* dengan alat ukur konvensional. Parameter yang dianalisis meliputi pH, suhu air, dan *Total Dissolved Solids* (TDS).
2. Data yang diperoleh dari sensor akan dibandingkan dengan hasil pengukuran alat ukur konvensional untuk mengevaluasi akurasi dan konsistensinya. Analisis dilakukan menggunakan regresi linear untuk melihat hubungan antara kedua metode pengukuran.

3. Sensor yang digunakan dalam penelitian ini terbatas pada jenis tertentu yang kompatibel dengan sistem IoT berbasis mikrokontroler ESP32. Alat ukur konvensional yang digunakan sebagai pembandingan merupakan perangkat standar yang telah terkalibrasi.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur konvensional dalam sistem *smart hydroponics*.
2. Menganalisis hubungan antara data akurasi sensor IoT dan alat ukur konvensional menggunakan regresi linear.
3. Mengevaluasi efektivitas sistem IoT dalam mendukung pengelolaan *smart hydroponics* berdasarkan keakuratan sensor.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Manfaat Teoritis

1. Menambah wawasan dalam bidang ilmu pertanian presisi yang berbasis IoT.
2. Memberikan kontribusi dalam penelitian mengenai validasi akurasi sensor dalam sistem *smart hydroponics*.
3. Menyediakan data empiris regresi linear mengenai tingkat akurasi sensor dibandingkan dengan alat ukur konvensional.

1.5.2 Manfaat Praktis

1. Memastikan bahwa sensor yang digunakan dapat menggantikan alat ukur konvensional dengan tingkat kesalahan yang dapat diterima.
2. Mendukung pengembangan sistem *smart hydroponics* yang berbasis data dengan akurasi tinggi.
3. Membantu petani atau praktisi hidroponik dalam mengelola sistem berbasis IoT dengan lebih efektif dan efisien.

1.6 Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Waktu																				
		Desember			Januari			Februari			Maret			April			Mei					
1	Persiapan Penelitian	■	■	■	■																	
	a. Penelitian Awal					■	■	■	■	■												
	b. Penyusunan Proposal					■	■															
	c. Seminar Proposal								■													
2	d.Pembuatan SK Pembimbing dan Surat Izin Penelitian							■	■													
	Pelaksanaan									■	■	■	■									
	a. Penelitian Lanjutan dan Pengukuran sensor <i>system smart hydroponics</i>													■	■	■						
3	b. Pengumpulan dan Analisa Data													■								
	Pelaporan														■	■						
	a. Pembuatan Laporan															■	■	■				
	c. Sidang Akhir																		■			
3	d. Perbaikan Tugas Akhir																			■	■	

Tabel 1.1 Jadwal Penelitian

1.7 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan skripsi ini sistematika penulisan dibuat untuk memberikan penjelasan singkat mengenai isi dari setiap bab, penulis menyusun sistematika penulisan skripsi sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini meliputi pengantar terhadap permasalahan yang akan dibahas. Didalamnya menguraikan tentang gambaran suatu penelitian yang mencakup: latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, jadwal penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II: LANDASAN TEORI

Bab ini menguraikan teori-teori yang digunakan serta hasil-hasil penelitian sebelumnya yang mendukung topik penelitian, sehingga membangun fondasi yang

kokoh untuk penelitian ini. Bab ini mencakup landasan teori dan kajian penelitian terkait.

BAB III: PERANCANGAN SISTEM DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Bab ini menjelaskan pelaksanaan penelitian, meliputi kerangka berpikir, metode penelitian, prosedur penelitian, perencanaan eksperimen, perancangan blok diagram, hingga desain sistem yang akan dikembangkan.

BAB IV: PEMBAHASAN DAN ANALISIS

Bab ini memaparkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, mencakup hasil analisis hingga hasil uji coba terhadap sistem yang telah dikembangkan.

BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjadi bagian akhir dari laporan penelitian, berisi kesimpulan atas penelitian yang telah dilakukan serta memberikan saran untuk pengembangan di masa depan atau untuk aspek-aspek pembaruan lain.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 State of The Arts

No	Penulis	Judul	jenis	Hasil Pembahasan
1	Rachmawati et.al (2022)	Analisis Kalibrasi Sensor BME280 dengan Pendekatan Regresi Linear pada Pengukuran Temperatur, Kelembaban Relatif, dan Titik Embun.	Jurnal	Melakukan kalibrasi sensor BME280 (suhu, kelembaban, titik embun). Regresi linear mampu mengurangi <i>error</i> pembacaan sensor dan meningkatkan presisi, sehingga valid untuk aplikasi pertanian berbasis IoT.
2	Tisna et.al (2022)	Metode peningkatan akurasi pada sensor TDS berbasis Arduino untuk nutrisi air menggunakan regresi linear.	Jurnal	Akurasi pembacaan sensor TDS berbasis Arduino UNO berhasil ditingkatkan dari 77% menjadi 98,3% setelah dilakukan kalibrasi menggunakan regresi linear.
3	Budi et.al (2024)	Deteksi Kualitas Air Wslic Via <i>Internet of Things</i> (IoT).	Jurnal	Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi sensor sebesar 98,21% dengan rata-rata <i>error</i> sebesar 1,79% dibandingkan dengan pH meter digital standar.

4	Afandi (2020)	Sistem kontrol otomatis dan monitoring EC berbasis IoT untuk pemberian pupuk pada tanaman selada hidroponik	Tugas Akhir	Membuat sistem otomatisasi berbasis IoT untuk memantau EC (<i>Electrical Conductivity</i>) larutan nutrisi. Sistem dapat mengendalikan nutrisi secara otomatis, tetapi tidak membahas validasi akurasi sensor menggunakan analisis regresi.
5	Ronaldo et al. (2020)	Perancangan smart greenhouse sebagai budidaya tanaman hidroponik berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT).	Jurnal	Mengembangkan greenhouse otomatis dengan sensor IoT untuk monitoring tanaman. Namun, penelitian lebih menekankan desain sistem, belum pada evaluasi akurasi sensor.
6	Agus et.al (2023)	Rancang bangun sistem kontrol nutrisi tanaman hidroponik berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT).	Tugas Akhir	Mengembangkan sistem kontrol nutrisi otomatis berbasis IoT. Sistem bekerja cukup stabil, tetapi fokus utama pada kontrol, bukan pada validasi sensor.
7	Siregar et.al (2022)	<i>Vertical farming perspectives in support of precision agriculture using</i>	Jurnal	Menunjukkan penggunaan <i>Artificial Intelligence</i> (AI) dalam pertanian vertikal dapat mengoptimalkan

		<i>artificial intelligence</i>		pemakaian nutrisi, air, dan cahaya. Penelitian ini memperluas konsep smart farming menuju integrasi AI.
8	Firmansyah et.al (2022)	Sistem Automasi Hidroponik Berbasis IoT.	Jurnal	Mengintegrasikan sensor DS18B20 (suhu), pH meter, dan TDS meter ke dalam sistem IoT hidroponik. Sistem mampu memonitor kondisi larutan secara real-time, namun belum ada analisis kuantitatif terkait akurasi sensor.
9	Paryanta et.al (2021)	Purwarupa deteksi pH dan EC larutan nutrisi hidroponik berbasis <i>Internet of Things</i>	Jurnal	Mengembangkan purwarupa deteksi kualitas nutrisi hidroponik berbasis IoT. Hasil menunjukkan sistem dapat bekerja real-time, namun belum ada pembahasan mendalam terkait perbandingan akurasi sensor dengan alat ukur standar.
10	Hakim et al. (2024)	Implementasi Algoritma Komputasi Linear Regression untuk	Jurnal	Menggunakan regresi linear untuk prediksi hasil pertanian. Hasil menunjukkan regresi linear efektif sebagai

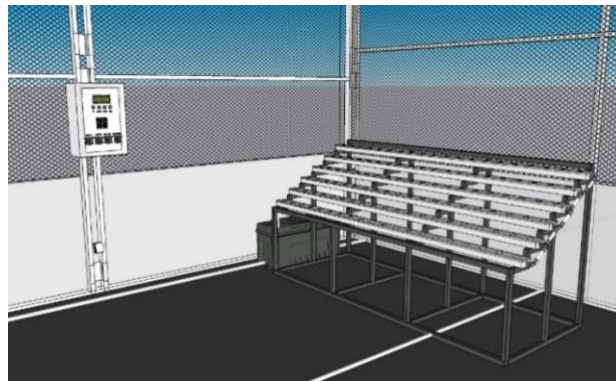
		Optimasi Prediksi Hasil Pertanian		model sederhana untuk memprediksi parameter pertanian dengan tingkat kesalahan rendah.
11	Muhammad Iqbal Rizaldi (2025)	Analisis Akurasi Sistem <i>Smart Hydroponics</i> Berbasis IoT di UNINUS <i>Smart Greenhouse</i> Menggunakan Pendekatan Regresi Linear	Tugas Akhir	Membandingkan hasil sensor DS18B20 (suhu), SEN0169-V2 (pH), dan KG3002 (TDS) dengan alat ukur konvensional. Hasil: sensor suhu akurat (99,59%, $R^2 = 0,84$), sensor TDS cukup stabil, sedangkan sensor pH cenderung overestimate ($R^2 < 0,11$). Membuktikan regresi linear efektif untuk evaluasi sensor suhu & TDS, namun kurang efektif pada sensor pH.

2.2 *Smart Hydroponics*

Metode hidroponik adalah salah satu metode tanam tanpa menggunakan media tanah namun menggunakan larutan nutrisi sebagai sumber makanan bagi tanaman dan substrat sebagai media pendukung atau penopang tanaman (Rosliani dan Sumarni, 2005). Seiring dengan perkembangan teknologi, metode pertanian hidroponik juga mengalami kemajuan dengan menggabungkan teknologi IoT dan pertanian hidroponik yang kemudian menciptakan suatu sistem baru berupa *smart hydroponics* yang mampu meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam pertanian hidroponik. Dengan menggunakan sistem IoT pada pertanian hidroponik memungkinkan pemantauan dan pengendalian parameter lingkungan seperti pH air,

suhu air, dan kadar konsentrasi nutrisi sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan dari tanaman hidroponik.

Smart hydroponics merupakan sebuah inovasi pertanian modern yang menggabungkan pemantauan dan pengendalian parameter lingkungan menggunakan teknologi IoT berbasis mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan beberapa sensor parameter lingkungan sehingga memungkinkan pengguna untuk dapat memantau dan mengendalikan parameter lingkungan secara *real time* melalui website pada perangkat smartphone maupun computer dimanapun dan kapanpun (Afandi, 2020).



Gambar 2. 1 Desain Alat *Smart Hydroponics*

(Uninus *Smart Greenhouse*)

Dibandingkan dengan metode bercocok tanam menggunakan tanah, hidroponik memiliki beberapa keunggulan. Pemeliharaan dan budidayanya lebih mudah karena lingkungan tanam lebih bersih, media tanam bebas dari kotoran, serta tanaman terlindung dari hujan. Risiko serangan hama dan penyakit juga lebih rendah, sehingga tanaman lebih sehat dan memiliki tingkat pertumbuhan bibit yang baik. Selain itu, produktivitasnya tinggi, hasil panennya berkualitas lebih baik dan lebih tahan lama, serta memiliki nilai jual yang lebih tinggi (Agus et al, 2023).

2.3 *Internet of Things*

Perkembangan teknologi informasi yang pesat telah mempengaruhi globalisasi, persaingan bisnis, tuntutan pekerjaan, dan gaya hidup yang semakin meningkat. Salah satunya adalah *Internet of Things* (IoT), yang membuka peluang untuk

menghubungkan benda-benda fisik dan sensor. IoT adalah konsep pemanfaatan jaringan internet yang terus-menerus terhubung untuk menghubungkan objek dengan internet sesuai dengan protokol yang ditetapkan (Patel dan Patel, 2016).

Manfaat utama IoT antara lain adalah berbagi data dan pengendalian jarak jauh. Contohnya meliputi bahan pangan, perangkat elektronik, koleksi, peralatan, hingga benda hidup, yang semuanya terhubung ke jaringan lokal dan global melalui sensor yang terpasang dan selalu aktif. Pada dasarnya, IoT mengacu pada benda yang dapat diidentifikasi secara unik sebagai representasi virtual dalam struktur berbasis internet. IoT merupakan gabungan antara berbagai perangkat keras dan perangkat lunak yang terintegrasi melalui jaringan teknologi informasi (Patel dan Patel, 2016).

2.4 Sensor

Secara umum, sensor dapat didefinisikan sebagai perangkat yang dirancang untuk mendeteksi dan merespon fenomena fisika atau kimia tertentu, kemudian mengubahnya menjadi sinyal listrik, baik berupa arus listrik maupun tegangan. Fenomena fisika atau kimia yang dapat memicu sensor untuk menghasilkan sinyal elektrik meliputi berbagai kondisi, seperti perubahan suhu (*temperature*), tekanan, gaya, medan magnet, intensitas cahaya, gerakan atau pergerakan objek, dan berbagai jenis perubahan lingkungan lainnya. Sensor ini bekerja dengan cara mendeteksi perubahan tersebut, kemudian mengonversinya menjadi data yang dapat diproses lebih lanjut dalam sistem elektronik atau digital (Adha et al, 2015).

2.4.1 Sensor Suhu air *DFRobot: Waterproof DS18B20*

Sensor suhu air *DFRobot Waterproof DS18B20* adalah sensor digital tahan air yang dirancang untuk mengukur suhu di lingkungan basah seperti akuarium, tangki air, dan sistem hidroponik. Sensor ini menggunakan chip DS18B20 yang mampu mengukur suhu dari -55°C hingga $+125^{\circ}\text{C}$ dengan akurasi $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Dibalut tabung baja tahan karat dan menggunakan komunikasi digital 1-Wire, sensor ini mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32. Sederhana, andal, dan ideal untuk aplikasi IoT.



Gambar 2. 2 Sensor Suhu Air *DFRobot: Waterproof DS18B20*

(www.dfrobot.com)

2.4.2 Sensor pH air *DFRobot Gravity: Analog pH Sensor SEN0169-V2*

Sensor pH air *DFRobot Gravity SEN0169-V2* adalah alat ukur pH analog berkualitas tinggi yang dirancang untuk memantau kualitas air dalam aplikasi seperti hidroponik, akuaponik, dan penelitian lingkungan. Sensor ini memiliki rentang pengukuran pH 0–14, dengan akurasi ± 0.1 pH dan tegangan kerja 3.3–5.5V, serta menghasilkan *output* analog 0–3.0V. Dilengkapi probe tahan lama dan antarmuka *Gravity*, sensor ini mudah dikalibrasi dan kompatibel dengan mikrokontroler seperti Arduino. Versi V2 menawarkan respon lebih cepat dan performa lebih stabil dibanding versi sebelumnya.



Gambar 2. 3 Sensor pH air *DFRobot Gravity: Analog pH Sensor SEN0169-V2*

(www.dfrobot.com)

2.4.3 Sensor TDS DFRobot: Analog TDS Sensor/Meter KG3002

Sensor *DFRobot Analog TDS Sensor/Meter* (KG3002) adalah sensor analog yang digunakan untuk mengukur *Total Dissolved Solids* (TDS) dalam air, yaitu jumlah padatan terlarut yang menunjukkan tingkat kemurnian atau kualitas air. Sensor ini cocok digunakan pada aplikasi seperti pemantauan air minum, hidroponik, akuaponik, dan pengolahan air limbah. Sensor ini bekerja dengan tegangan 3.3–5.5V, memiliki rentang pengukuran TDS dari 0–1000 ppm, dan menghasilkan *output* analog 0–2.3V. *Probe*-nya tahan air, mudah dibersihkan, dan dirancang untuk penggunaan jangka panjang. Sensor ini dapat dihubungkan langsung ke mikrokontroler seperti Arduino melalui antarmuka *Gravity*, sehingga sangat cocok untuk proyek IoT dan sistem monitoring air otomatis.



Gambar 2. 4 Sensor TDS DFRobot: Analog TDS Sensor/Meter KG3002

(www.dfrobot.com)

2.5 Pengaruh Akurasi Pembacaan Sensor

Akurasi sensor memiliki peran yang sangat penting dalam pengambilan keputusan yang tepat dan efektif. Sensor yang akurat memastikan data yang dikumpulkan mencerminkan kondisi sebenarnya, sehingga analisis dan tindakan yang diambil berdasarkan data tersebut menjadi lebih tepat. Sebaliknya, sensor

dengan akurasi rendah dapat menghasilkan data yang tidak akurat, yang berpotensi menyebabkan kesalahan dalam analisis dan keputusan (Ardhi et al, 2021).

Dalam sistem monitoring hidroponik, sensor pH dan *Total Dissolved Solids* (TDS) yang tidak akurat dapat memberikan informasi yang salah, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi keputusan terkait pemberian nutrisi bagi tanaman (Paryanta et al, 2021). Penerapan metode regresi linear dalam kalibrasi sensor dapat meningkatkan akurasi pengukuran, yang penting untuk memastikan dosis nutrisi yang tepat dalam sistem hidroponik. penggunaan metode regresi linear dapat membantu mengurangi kesalahan pengukuran (Ardhi et al, 2021). Selain itu, kalibrasi sensor dengan pendekatan regresi linear efektif dalam meningkatkan akurasi pengukuran parameter lingkungan seperti suhu dan kelembaban (Rachmawati et al, 2024).

Metode peningkatan akurasi pada sensor TDS berbasis Arduino untuk nutrisi air menggunakan regresi linear dapat meningkatkan keandalan data yang dikumpulkan. Dengan memanfaatkan model regresi linear, variasi dalam pembacaan sensor dapat dikoreksi, sehingga data yang diperoleh lebih mendekati kondisi nyata dan meningkatkan keandalan sistem secara keseluruhan (Tisna et al, 2022).

Penggunaan teknik ini sangat penting dalam sistem berbasis IoT, terutama dalam aplikasi pertanian presisi di mana akurasi sensor sangat menentukan keberhasilan sistem secara keseluruhan. Kesimpulannya, akurasi sensor memiliki dampak langsung terhadap kualitas data yang dikumpulkan dan keputusan yang diambil dalam sistem berbasis IoT.

2.6 Pendekatan Regresi Linear

Regresi linear sederhana adalah teknik statistik yang digunakan untuk menguji sejauh mana hubungan sebab-akibat antara variabel penyebab (X) dan variabel yang dipengaruhi (Y). Variabel penyebab biasanya dilambangkan dengan X atau disebut prediktor, sedangkan variabel yang dipengaruhi dilambangkan dengan Y atau disebut respon (Herlambang et al, 2015).

Analisis regresi adalah metode statistik yang sering digunakan dalam penelitian. Istilah regresi pertama kali diperkenalkan oleh Sir Francis Galton pada tahun 1986. Secara umum, analisis regresi mempelajari hubungan antara satu variabel yang dijelaskan oleh satu atau lebih variabel lain. Variabel yang dijelaskan disebut variabel respon, sementara variabel yang menjelaskan disebut variabel bebas. Metode regresi linier didasarkan pada pola hubungan data yang relevan di masa lalu. Biasanya, variabel yang diprediksi, seperti persediaan barang, dipengaruhi oleh variabel bebas, dan hubungan antara keduanya dapat digambarkan sebagai suatu fungsi (Trianggana et al, 2020).

Analisis regresi bersifat asimetri atau satu arah. Teknik regresi digunakan untuk memprediksi nilai suatu variabel (variabel dependen) berdasarkan nilai variabel lain (variabel independen). Tujuan dari analisis ini bukan untuk membuat prediksi yang sempurna, tetapi untuk menghasilkan prediksi nilai variabel dependen dengan kesalahan sekecil mungkin, menggunakan informasi dari variabel independen. Proposisi yang digunakan dalam analisis regresi adalah hubungan antara variabel independen X dan variabel dependen Y, yang dinyatakan sebagai regresi Y terhadap X. Dalam regresi, variabel yang diprediksi disebut kriteria, sedangkan variabel yang digunakan untuk memprediksi disebut prediktor. Persamaan yang menggambarkan hubungan antara variabel kriteria dan variabel prediktor disebut persamaan regresi (Trianggana et al, 2020).

2.7 Posisi Penelitian

Penelitian ini memiliki keunikan karena berfokus pada validasi akurasi sensor dalam sistem hidroponik berbasis IoT melalui analisis regresi linear. Penelitian ini membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur konvensional untuk memastikan keandalan data dalam pemantauan kondisi lingkungan secara *real-time*.

Penelitian ini berbeda dari studi sebelumnya, seperti penelitian Paryanta et al (2021) yang membahas purwarupa deteksi pH dan EC larutan nutrisi berbasis IoT, namun belum mengintegrasikan analisis regresi linear untuk mengukur korelasi antara pembacaan sensor dengan alat ukur standar. Selain itu, penelitian Tisna et al.

(2022) meneliti sistem automasi hidroponik berbasis IoT, tetapi lebih berfokus pada aspek teknis sistem tanpa evaluasi kuantitatif terhadap akurasi sensor.

Penelitian ini memberikan pendekatan analitik lebih mendalam dengan menggunakan regresi linear untuk menilai kesesuaian data sensor dengan standar pengukuran laboratorium, seperti yang dilakukan oleh Afandi (2020) yang mengembangkan sistem kontrol otomatis dan monitoring EC berbasis IoT pada tanaman selada hidroponik. Selain itu, penelitian ini juga mengacu pada temuan Agus & Meliana (2023) yang membangun sistem kontrol nutrisi hidroponik berbasis IoT.

Dengan menggunakan analisis regresi linear, penelitian ini menemukan bahwa sensor yang digunakan memiliki akurasi tinggi dan dapat diandalkan dalam sistem hidroponik otomatis. Penelitian ini juga berkontribusi terhadap pengembangan pertanian presisi, seperti yang dibahas oleh Siregar et al. (2022), yang menyoroti peran kecerdasan buatan dalam pertanian vertikal untuk meningkatkan efisiensi sumber daya.

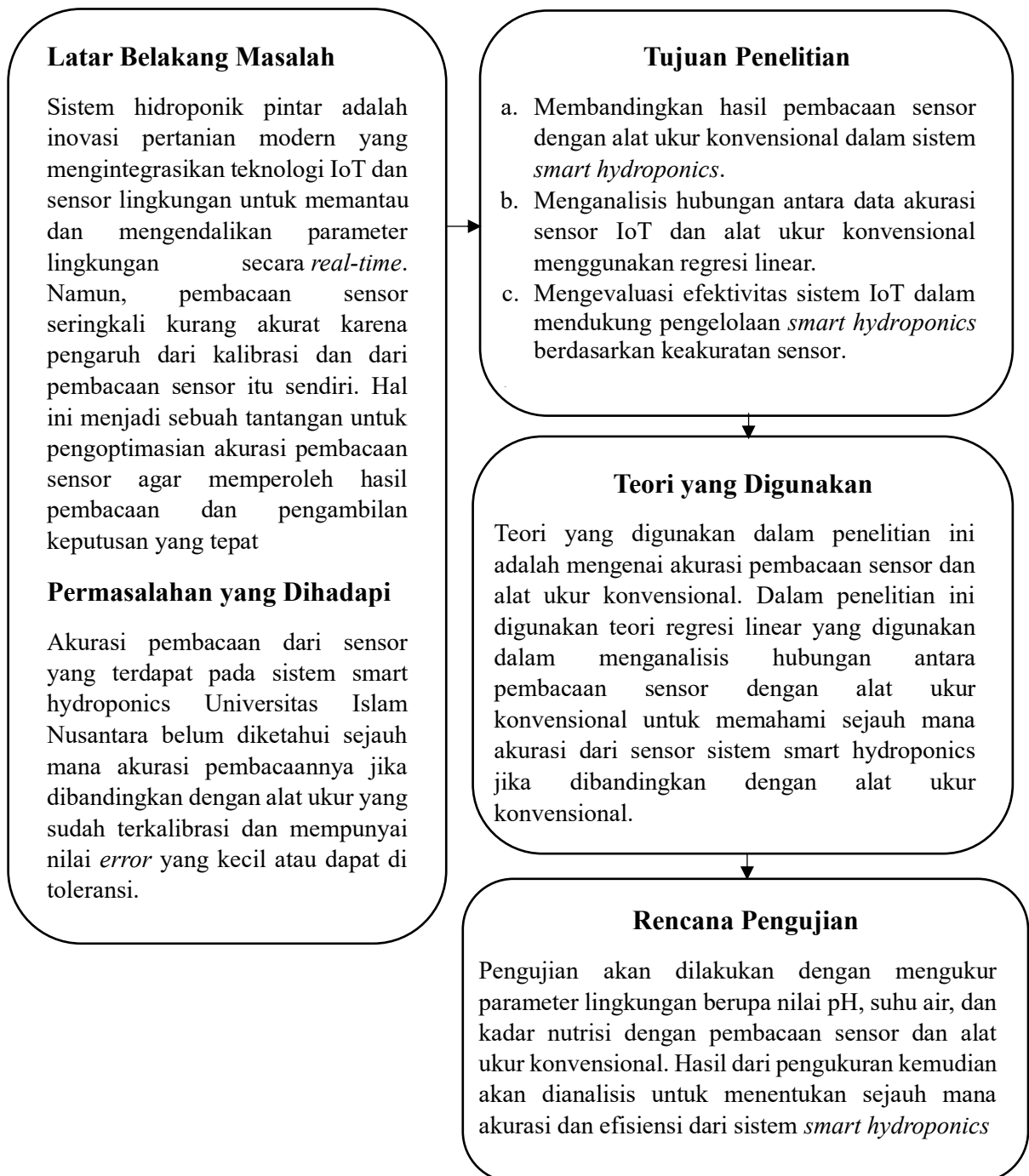
Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan sistem hidroponik berbasis IoT yang lebih akurat dan efisien. Data yang dihasilkan tidak hanya berguna bagi akademisi dan praktisi pertanian, tetapi juga bagi pengembang sistem hidroponik otomatis yang membutuhkan keakuratan tinggi dalam pemantauan kondisi lingkungan.

BAB III

PERANCANGAN SISTEM DAN IMPLEMENTASI SISTEM

3.1 Kerangka Berpikir

Dengan sistematika kerangka berpikir ini, diharapkan pembaca dapat memahami alur penelitian yang dilakukan terhadap akurasi *system smart hydroponics*.



3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan regresi linear dan melakukan eksperimen di lapangan untuk mengukur, membandingkan dan menganalisis hasil pembacaan sensor dengan alat ukur konvensional pada sistem *smart hydroponics*. Metode ini dipilih karena memungkinkan pengujian langsung dan fleksibel pada setiap sensor. Dengan demikian, penelitian ini dapat memperoleh data yang akurat.

Penelitian ini mencakup beberapa parameter sensor yang terpasang pada sistem *smart hydroponics* diantaranya, sensor pH, sensor suhu, dan sensor TDS. Sistem *smart hydroponics* yang akan dijadikan objek penelitian adalah sistem hidroponik yang ada pada *smart greenhouse* Universitas Islam Nusantara.

Selain itu, metode ini juga memungkinkan data yang telah diperoleh dapat dianalisis menggunakan metode regresi linear. Sehingga penelitian ini dapat mengetahui sejauh mana akurasi dari sensor yang digunakan pada sistem *smart hydroponics* yang ada di *smart greenhouse* Universitas Islam Nusantara.

3.3 Perencanaan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara pembacaan sensor dengan alat ukur konvensional. Oleh karena itu, perencanaan eksperimen dirancang secara terstruktur untuk memastikan setiap tahap penelitian berjalan lancar dan hasil dari penelitian dapat dipertanggungjawabkan. Beberapa aspek penting yang menjadi fokus dalam perencanaan penelitian ini meliputi lokasi penelitian dan parameter yang diukur.

3.3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dipilih pada area yang tertutup dan minim gangguan dari lingkungan yang kurang stabil. Hal ini bertujuan agar saat dilakukan pengambilan data akurasi dari sensor berada pada titik konstan. Lokasi penelitian ini akan dilakukan di ruangan *smart greenhouse* Universitas Islam Nusantara dikarenakan sistem *smart hydroponics* itu sendiri memang diletakkan di ruang *smart greenhouse*. Selain itu, jika pengujian dilakukan di dalam ruang *greenhouse* memiliki kelebihan

baik dari segi keamanan dan kemudahan akses saat penelitian sehingga saat penelitian berlangsung dapat meminimalisir dari gangguan teknis.

3.3.2 Parameter yang Diukur

Dalam penelitian ini terdapat beberapa parameter lingkungan dari sistem *smart hydroponics* yang akan diukur untuk menentukan akurasi dan perbandingan pembacaan sensor dengan alat ukur konvensional. Parameter lingkungan yang akan diukur diantaranya:

- a. Suhu air (°C): Pembacaan nilai suhu air dari sensor *smart hydroponics* dan alat ukur konvensional. Hal ini dilakukan untuk mengetahui berapa nilai *error* dari *smart hydroponics* dalam membaca suhu.
- b. pH: Pembacaan nilai pH air dari sensor *smart hydroponics* dan alat ukur konvensional pH meter. Hal ini dilakukan untuk mengetahui berapa nilai *error* dari *smart hydroponics* dalam membaca pH.
- c. Kadar Nutrisi (ppm): Pembacaan nilai kadar nutrisi air dengan TDS dari sensor *smart hydroponics* dan alat ukur konvensional TDS meter. Hal ini dilakukan untuk mengetahui berapa nilai *error* dari *smart hydroponics* dalam membaca pH air.

Akurasi sensor dapat dihitung dengan cara membandingkan pembacaan sensor dengan pembacaan alat ukur konvensional sebagai referensi dengan membandingkan selisih dan menggunakan analisis regresi linear sederhana. Untuk menghitung dengan pendekatan regresi linear sederhana digunakan rumus.

Dengan demikian kita dapat mengetahui sejauh mana perbandingan pembacaan sensor dengan alat ukur konvensional dan seberapa efektif alat sensor yang digunakan dapat menggantikan alat ukur konvensional.

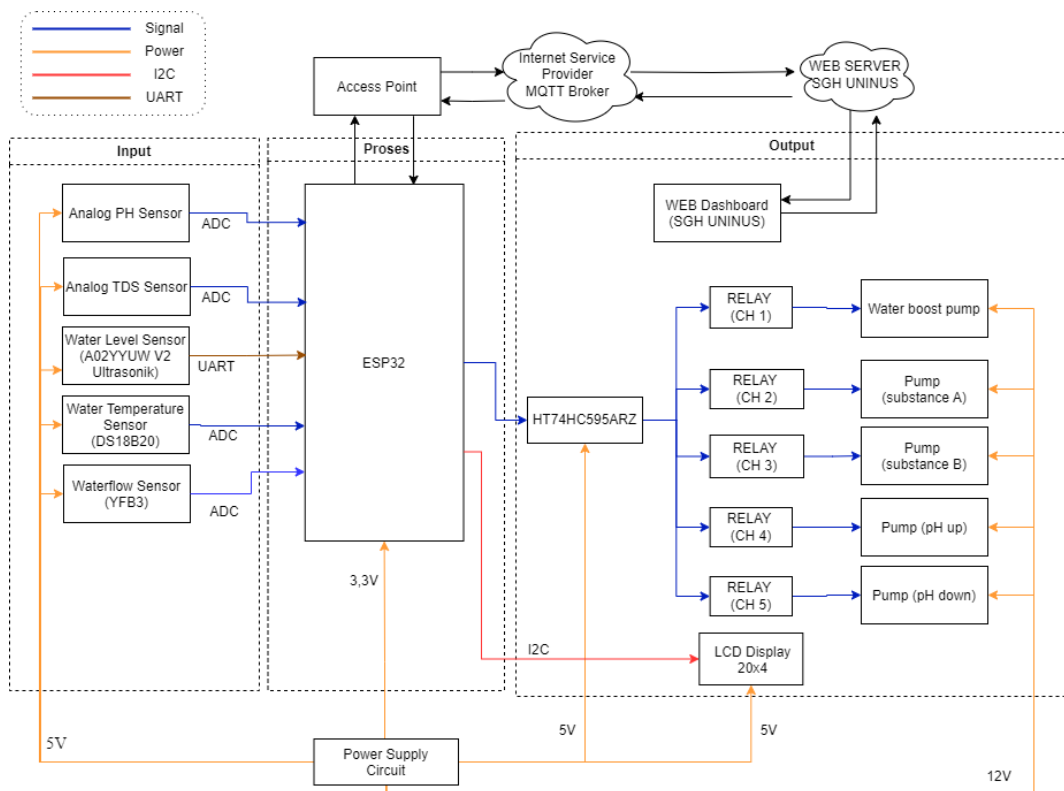
3.3.3 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat ukur dan sensor yang terpasang pada sistem dan akan dilakukan dengan dua cara yaitu:

- Pengambilan data acuan menggunakan alat ukur konvensional yang akan dilakukan dalam interval 10 menit sebanyak 10 data per hari dan akan dilakukan selama 2 (dua) hari.
- Pengambilan data pada *database smart hydroponics* untuk data sensor yang sebelumnya telah diatur untuk rekap data dalam interval waktu 10 menit.

Data yang telah diperoleh kemudian akan diolah menggunakan *software Microsoft Excel* menggunakan rumus regresi linear sehingga dapat disajikan dalam bentuk grafik dan tabel sehingga mempermudah dalam menganalisa hasil penelitian.

3.4 Perencanaan Blok Diagram Sistem



Gambar 3. 1 Blok Diagram Sistem

System smart hydroponics berbasis IoT ini dirancang untuk melakukan pemantauan dan pengendalian otomatis terhadap beberapa parameter penting dalam budidaya hidroponik, seperti suhu air, pH, konsentrasi nutrisi (TDS), ketinggian air,

dan laju aliran air. Sistem ini terdiri dari tiga bagian utama, yaitu input, proses, dan output, yang terintegrasi melalui mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali.

Pada bagian input, terdapat lima sensor utama yang digunakan untuk mengumpulkan data lingkungan dari sistem hidroponik. Sensor pH analog digunakan untuk mendeteksi tingkat keasaman larutan nutrisi, sedangkan sensor TDS analog mengukur konsentrasi total zat terlarut dalam air. Untuk memantau suhu air, digunakan sensor suhu digital DS18B20 yang memberikan data suhu melalui jalur ADC. Selain itu, ketinggian air diukur dengan sensor ultrasonik A02YYUW V2 yang terhubung ke ESP32 menggunakan komunikasi UART. Sementara itu, laju aliran air dalam sistem dipantau dengan menggunakan sensor aliran air YF-B3 yang juga menggunakan koneksi ADC. Seluruh sensor ini mengirimkan data ke ESP32 untuk dianalisis dan diproses.

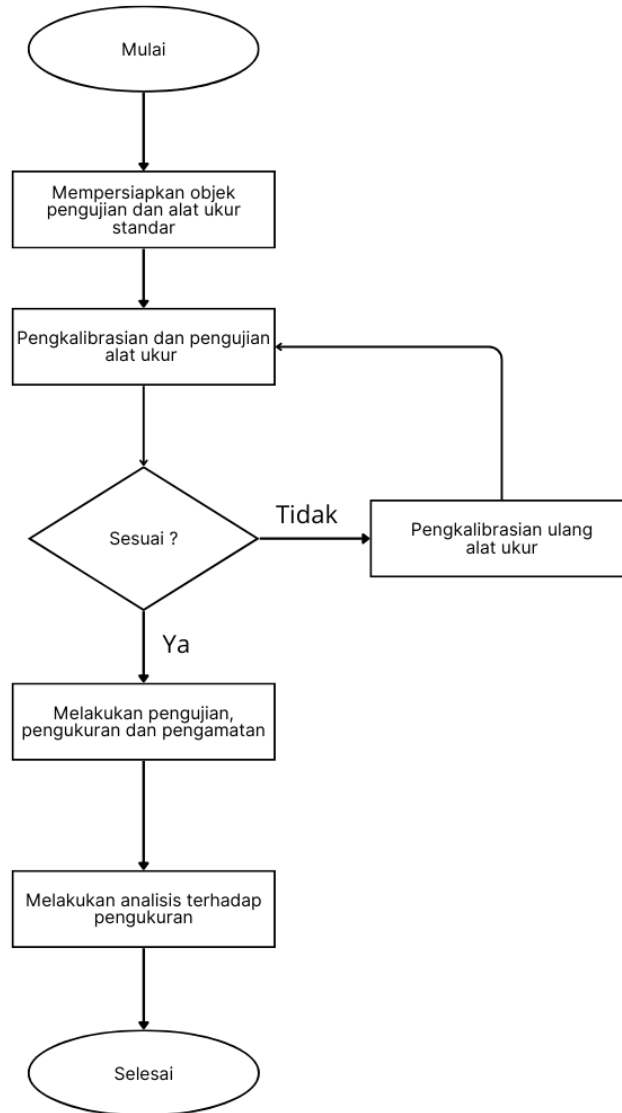
Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pusat pemrosesan dan pengendali utama dalam sistem. Selain memproses data dari sensor, ESP32 juga berperan sebagai *access point* dan bertugas mengirimkan data ke *MQTT Broker* melalui koneksi internet. Dari sana, data akan diteruskan ke *web server* dan *dashboard* pemantauan yang dikembangkan di SGH UNINUS. ESP32 juga terhubung dengan IC shift register HT74HC595ARZ melalui komunikasi I2C, yang memungkinkan kontrol terhadap beberapa output secara efisien.

Pada sisi output, terdapat lima buah channel relay yang masing-masing dikontrol untuk menjalankan fungsi tertentu. Relay pertama mengendalikan pompa utama (*water boost pump*) yang berfungsi untuk mensirkulasikan air. Relay kedua dan ketiga mengaktifkan pompa untuk menambahkan dua jenis zat atau nutrisi yang berbeda (*substance A* dan *substance B*). Sementara itu, relay keempat dan kelima digunakan untuk mengatur pompa penyesuaian pH, yaitu pompa pH *up* dan pH *down*, guna menjaga pH larutan dalam kondisi ideal bagi tanaman. Sistem ini juga dilengkapi dengan LCD *display* 20x4 yang digunakan untuk menampilkan data sensor secara real-time menggunakan komunikasi I2C.

Keseluruhan sistem ini ditenagai oleh *power supply* 12V yang kemudian diturunkan menjadi 5V dan 3.3V sesuai kebutuhan masing-masing komponen. ESP32 sendiri berjalan pada tegangan 3.3V, sedangkan komponen lainnya seperti relay dan LCD menggunakan tegangan 5V.

Dengan rancangan seperti ini, *system smart hydroponics* berbasis IoT memiliki kemampuan untuk melakukan pemantauan dan pengendalian lingkungan budidaya secara otomatis dan jarak jauh. Hal ini mendukung konsep pertanian presisi yang dapat meningkatkan efisiensi, mengurangi intervensi manual, dan menghasilkan tanaman dengan kualitas yang lebih baik.

3.5 Perencanaan Secara Blok Diagram



Gambar 3. 2 Flowchart Sistem Pengujian

Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem pengujian dan kalibrasi alat uji yang terstruktur dan sistematis. Sistem ini didesain untuk memastikan akurasi dan efektivitas proses kalibrasi alat uji melalui serangkaian langkah-langkah yang terencana dengan baik. Diagram alir yang dikembangkan dalam penelitian ini berfungsi sebagai panduan untuk setiap tahapan pengujian, mulai dari persiapan

awal hingga analisis hasil akhir. Berikut adalah penjelasan mendalam tentang setiap tahapan yang terdapat dalam diagram tersebut:

1. Tahap Perencanaan (Mulai)

Tahap awal ini meliputi perencanaan jadwal, alokasi sumber daya, dan memastikan semua instrumen yang akan digunakan dalam kondisi baik. Langkah ini dilakukan untuk memastikan semua kebutuhan proses telah terpenuhi sebelum melanjutkan ke tahapan selanjutnya.

2. Persiapan Alat Uji, Alat Uji Standar, dan Objek Uji

Pada tahap ini, dilakukan pemeriksaan fisik alat uji, kalibrasi awal alat uji standar, dan dokumentasi kondisi awal objek uji. Persiapan ini meliputi verifikasi dokumentasi standar operasional prosedur (SOP), pemastian personel memiliki kompetensi sesuai kebutuhan, dan penyusunan daftar periksa untuk alat dan kebutuhan pengujian lainnya.

3. Pengujian dan Kalibrasi Alat Uji

Tahap ini meliputi pengujian parameter alat dengan simulasi pengukuran terhadap objek kontrol, pencatatan nilai-nilai yang dihasilkan oleh alat uji dibandingkan dengan alat uji standar, dan analisa perbedaan hasil pengujian. Tujuan dari tahap ini adalah untuk memastikan alat uji mampu memberikan hasil yang konsisten dan akurat.

4. Evaluasi Hasil Pengujian (Apakah Sesuai?)

Pada tahap ini, hasil pengujian dianalisis untuk menentukan apakah alat uji memenuhi standar yang ditetapkan. Jika hasil pengujian sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan, maka proses dilanjutkan ke tahap berikutnya.

5. Penyesuaian Kalibrasi Alat

Jika hasil pengujian tidak sesuai, dilakukan penyesuaian kalibrasi pada alat uji untuk memperbaiki parameter yang tidak sesuai. Tahap ini meliputi pengaturan ulang pengukuran internal alat, pengujian ulang hingga hasil memenuhi kriteria akurasi, dan dokumentasi perubahan parameter pada alat uji.

6. Pengujian pada Objek

Setelah alat uji dikalibrasi, proses dilanjutkan dengan pengujian pada objek untuk mengukur parameter tertentu. Langkah ini dilakukan secara sistematis dengan mencatat semua data pengukuran secara rinci.

7. Analisa Hasil Pengukuran

Data yang diperoleh dari pengujian pada objek dianalisis untuk menentukan kualitas objek dan kinerja alat uji. Tahap ini meliputi pengolahan data hasil pengujian menggunakan perangkat lunak analisis, interpretasi hasil berdasarkan standar dan kriteria yang telah ditentukan, dan penyusunan laporan hasil pengujian untuk kebutuhan dokumentasi.

8. Selesai

Tahapan terakhir ini menandai berakhirnya seluruh rangkaian pengujian dan kalibrasi. Pada tahap ini, seluruh data yang telah dikumpulkan selama proses pengujian diintegrasikan dan dianalisis secara komprehensif untuk memastikan validitas hasil. Laporan akhir yang disusun mencakup seluruh temuan, mulai dari hasil pengukuran, analisis perbandingan antara sensor dengan alat ukur konvensional, hingga interpretasi hasil dalam konteks pengembangan lebih lanjut.

3.6 Perencanaan Pengukuran dan Pengujian Serta Analisis

Pada tahap ini, dilakukan perencanaan pengukuran dan pengujian untuk mengetahui perbandingan pembacaan sensor dengan alat ukur konvensional. Pengukuran ini berfokus pada parameter pH air, suhu air, dan kadar nutrisi (TDS) yang kemudian akan digunakan sebagai acuan analisis untuk memahami tingkat akurasi pembacaan sensor jika dibandingkan dengan alat ukur konvensional. Berikut merupakan beberapa tahapan perencanaan pengukuran dan analisis:

a. Alat Pengukuran

Dalam penelitian ini adapun alat yang akan digunakan sebagai referensi untuk pembanding dengan sensor yang digunakan terdiri dari:

- 1) Sensor suhu air DS18520: Sensor ini digunakan dalam sistem *smart hydroponics* untuk mengukur suhu air. Alat ini digunakan dengan membiarkan sensor terendam dalam air. Sensor ini dipilih dalam aplikasi sistem *smart hydroponics* karena mempunyai kelebihan dalam ketahanan terhadap air.
- 2) Sensor pH air *DFRobot Gravity: Analog pH Sensor / Meter Pro Kit V2 SEN0169-V2*: Sensor ini digunakan dalam sistem *smart hydroponics* untuk mengukur pH air. Alat ini digunakan dengan membiarkan sensor dalam keadaan setengah terendam dalam air. Sensor ini dipilih dalam aplikasi sistem *smart hydroponics* karena mempunyai kelebihan dalam klaim skala industri.
- 3) Sensor TDS *DFRobot: Analog TDS Sensor/Meter KG3002*: Sensor ini digunakan dalam sistem *smart hydroponics* untuk mengukur kadar nutrisi air. Alat ini digunakan dengan membiarkan sensor dalam keadaan terendam dalam air. Sensor ini dipilih dalam aplikasi sistem *smart hydroponics* karena mempunyai dinilai efektif dalam pembacaan nilai TDS.
- 4) Alat ukur *EZ-9909 5 in 1 Salinity/TDS/EC/Temperature/PH Meter Waterproof*. Alat ini dipilih karena mempunyai empat fungsi pembacaan parameter di dalam satu alat yaitu pH, suhu air, TDS, dan EC. Selain itu, alat ini memiliki nilai *error* yang kecil sehingga pembacaan dari alat ukur ini terbilang akurat dan memungkinkan data yang dibaca dijadikan sebagai acuan dari akurasi sensor yang digunakan.

b. Objek Perbandingan

Objek perbandingan dalam penelitian ini adalah sistem *smart hydroponics* dimana dalam sistem tersebut terdapat tiga parameter yaitu sensor pH, sensor suhu air, dan sensor kadar nutrisi (TDS) yang akan dibandingkan dengan alat ukur konvensional. *Smart hydroponics* ini dipilih menjadi objek uji coba dikarenakan relevansi penggunaan teknologi IoT yang diterapkan pada sistem pertanian modern yang terintegrasi dengan sensor yang dapat semakin berkembang di masa yang

akan datang. Dengan menerapkan sistem *smart hydroponics* juga dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas dari pertanian hidroponik.

c. Prosedur pengukuran

Prosedur pengukuran yang akan dilakukan dalam penelitian ini dibagi ke dalam beberapa tahap diantaranya:

1. Pengukuran suhu air di dalam tandon

Pengukuran suhu air akan dilakukan dengan menggunakan sensor sistem *smart hydroponics* dan juga alat ukur konvensional. Dalam pengukuran suhu satuan yang digunakan adalah derajat celcius (°C). Sensor sistem *smart hydroponics* yang digunakan dalam pengukuran ini adalah sensor DS18B20 dengan posisi sensor yang terendam air dalam tandon, dan pengukuran menggunakan alat ukur konvensional dilakukan dengan cara mencelupkan ujung alat ukur ke dalam air.

2. Pengukuran pH air di dalam tandon

Pengukuran pH atau keasaman air akan dilakukan dengan menggunakan sensor sistem *smart hydroponics* dan juga alat ukur konvensional. Dalam pengukuran pH satuan yang digunakan adalah tingkat keasaman (pH) . Sensor sistem *smart hydroponics* yang digunakan dalam pengukuran ini adalah sensor *DFRobot Gravity : Analog pH Sensor / Meter Pro Kit V2 SEN0169-V2* dengan posisi sensor yang terendam air dalam tandon, dan pengukuran menggunakan alat ukur konvensional dilakukan dengan cara mencelupkan ujung alat ukur ke dalam air..

3. Pengukuran kadar nutrisi dalam air

Pengukuran kadar nutrisi air atau *Total Dissolved Solids* (TDS) akan dilakukan dengan menggunakan sensor sistem *smart hydroponics* dan juga alat ukur konvensional. Dalam pengukuran kadar nutrisi satuan yang digunakan adalah tingkat *part per million* (ppm). Sensor sistem *smart hydroponics* yang digunakan dalam pengukuran ini adalah sensor *DFRobot: Analog TDS Sensor/Meter KG3002* dengan posisi sensor yang terendam air dalam tandon, dan pengukuran

menggunakan alat ukur konvensional dilakukan dengan cara mencelupkan ujung alat ukur ke dalam air.

4. Pengukuran dengan alat ukur konvensional

Pengukuran dengan alat konvensional digunakan untuk memperoleh data referensi yang akan digunakan sebagai acuan dalam menganalisa akurasi dari pembacaan sensor sistem *smart hydroponics*. Alat ukur konvensional yang digunakan adalah EZ-9909 5 in 1 *Salinity/TDS/EC/Temperature/PH Meter Waterproof*. Alat ini dipilih karena mempunyai empat fungsi pembacaan parameter di dalam satu alat yaitu pH, suhu air, TDS, dan EC. Selain itu, alat ini memiliki nilai *error* yang kecil sehingga pembacaan dari alat ukur ini terbilang akurat.

d. Hasil yang Diharapkan

Melalui serangkaian proses perencanaan, pengukuran, dan analisis yang sistematis, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan data yang valid dan dapat diandalkan sebagai acuan dalam mengevaluasi akurasi sensor berdasarkan nilai perbandingan dengan alat ukur konvensional. Hasil perbandingan yang diperoleh akan memberikan informasi yang sangat berharga terkait akurasi pembacaan sensor sistem *smart hydroponics*, sehingga dapat menjadi landasan yang kuat untuk penyempurnaan akurasi sensor di bidang pertanian modern *smart hydroponics* di masa yang akan datang.

Proses ini juga memastikan bahwa pengukuran dilakukan secara sistematis, akurat, dan transparan, sehingga dapat dipertanggungjawabkan. Jika terdapat deviasi atau kesalahan pengukuran, maka langkah-langkah perbaikan yang tepat akan segera dilakukan untuk memastikan keandalan data yang diperoleh, sehingga hasil penelitian ini dapat menjadi acuan yang reliabel dan efektif dalam efisiensi pertanian modern *smart hydroponics*.

3.7 Perencanaan Analisis Akurasi

Persamaan regresi linear diperoleh berdasarkan nilai dari variabel independen yang dilambangkan dengan X, yang digunakan untuk memprediksi nilai variabel dependen yang dilambangkan dengan Y. Dalam sistem koordinat, sumbu X

merepresentasikan variabel independen, sedangkan sumbu Y merepresentasikan variabel dependen (Jumrianto et al., 2020). Bentuk umum dari persamaan regresi linear disajikan pada Persamaan 1

$$\hat{y} = \alpha + bx$$

di mana:

x adalah hasil pengukuran sensor.

\hat{y} adalah hasil pengukuran alat ukur.

α adalah konstanta (intersep).

b adalah koefisien regresi (kemiringan garis).

Setelah proses kalibrasi dilakukan, pengambilan data untuk mengukur tingkat akurasi dan ketelitian akan dilakukan. Pengambilan data dilakukan sebanyak 10 kali dengan interval waktu setiap 10 menit. Untuk menghitung efisiensi atau tingkat akurasi suatu alat, digunakan rumus yang menyatakan bahwa nilai *error* dalam bentuk persentase merepresentasikan tingkat kesalahan. Persentase akurasi dapat dihitung menggunakan Persamaan 1:

$$Akurasi = 100\% - Error\%$$

Nilai *error* absolut dapat dihitung melalui persamaan 2:

$$Error\% = \frac{Error\ Absolut}{Alat\ Ukur} \times 100$$

Setelah melakukan pengumpulan data pembacaan sensor dan alat ukur, data yang di dapat kemudian akan diolah menggunakan software *Microsoft Excel* melalui metode pendekatan regresi linear sehingga mendapatkan grafik garis lurus persamaan regresi linear.

BAB IV

PEMBAHASAN DAN ANALISIS

4.1 Pengujian Suhu, pH dan Kadar Nutrisi (TDS)

4.1.1 Pengujian Sensor Suhu

Pengujian sensor suhu air ($^{\circ}\text{C}$) DS18520 dilakukan dengan cara pengambilan data melalui database yang sebelumnya telah dikonfigurasi untuk membuat data laporan dalam interval waktu 10 menit data alat ukur diambil secara manual menggunakan alat ukur yang telah dikalibrasi sebelumnya dengan satuan ($^{\circ}\text{C}$).

Pengambilan data pada hari ke-satu dilakukan pada waktu siang menuju sore yaitu pada pukul 13.00 hingga 14.30 hal ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana stabilitas penurunan suhu pada rentan waktu 10 menit.

Tabel 4.1 Data Pengujian Sensor Suhu ($^{\circ}\text{C}$) Hari Ke-1

No	Waktu	Suhu Air ($^{\circ}\text{C}$)	
		Sensor	Alat Ukur
1	13:00	28,69	28,9
2	13:10	29,38	29,2
3	13:20	29,31	28,8
4	13:30	29,12	28,6
5	13:40	28,54	28,5
6	13:50	28,25	28,4
7	14:00	28,95	28,1
8	14:10	28,14	28
9	14:20	27,95	27,8
10	14:30	27,16	27,6

Pengukuran suhu air dilakukan menggunakan dua perangkat, yaitu Sensor dan Alat Ukur standar, dengan interval waktu setiap 10 menit mulai dari pukul 13:00 hingga 14:30. Data mencatat perubahan suhu air seiring waktu dalam rentang suhu antara $28,69^{\circ}\text{C}$ hingga $27,16^{\circ}\text{C}$ untuk Sensor, dan $28,9^{\circ}\text{C}$ hingga $27,6^{\circ}\text{C}$ untuk Alat Ukur.

Secara umum, data menunjukkan penurunan suhu yang konsisten di kedua alat. Sensor dan alat ukur mengalami penurunan suhu secara stabil tanpa adanya perubahan ekstrem atau fluktuasi yang tidak wajar. Ini menunjukkan bahwa proses pendinginan air berjalan normal dan kedua perangkat merekam perubahan suhu dengan pola yang hampir serupa.

Selanjutnya pengambilan data akan dilakukan pada hari kedua dengan waktu yang berbeda yaitu dari pagi menuju ke siang hari dari pukul 10.00 hingga 11.30 untuk mengetahui seberapa stabil nilai kenaikan suhu yang terbaca.

Tabel 4.2 Data Pengujian Sensor Suhu (°C) Hari Ke-2

No	Waktu	Suhu Air (°C)	
		Sensor	Alat Ukur
1	10:00	26,15	25,2
2	10:10	26,38	25,1
3	10:20	26,36	25,2
4	10:30	26,46	26
5	10:40	26,55	26,2
6	10:50	26,56	26,2
7	11:00	26,64	26,3
8	11:10	26,67	26,3
9	11:20	26,68	26,3
10	11:30	26,69	26,5

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengukuran suhu air setiap 10 menit antara pukul 10:00 hingga 11:30, terlihat bahwa terdapat perbedaan antara hasil pembacaan sensor dan alat ukur acuan. Secara umum, nilai yang ditunjukkan oleh sensor cenderung sedikit lebih tinggi dibandingkan alat ukur. Misalnya, pada pukul 10:00 sensor mencatat suhu 26,15°C, sementara alat ukur mencatat 25,2°C, menunjukkan adanya selisih sebesar 0,95°C.

4.1.2 Pengujian Sensor pH

Pengujian sensor pH air *DFRobot Gravity : Analog pH Sensor / Meter Pro Kit V2 SEN0169-V2* dilakukan dengan cara pengambilan data melalui database yang sebelumnya telah dikonfigurasi untuk membuat data laporan dalam interval waktu 10 menit dan data alat ukur diambil secara manual menggunakan alat ukur yang telah dikalibrasi sebelumnya.

Tabel 4.3 Data Pengujian Sensor pH Pada Hari Ke-1

No	Waktu	pH	
		Sensor	Alat Ukur
1	13:00	10,53	9,81
2	13:10	10,88	9,68
3	13:20	10,88	9,71
4	13:30	10,89	9,66
5	13:40	10,88	9,7
6	13:50	10,89	9,72
7	14:00	10,89	9,91
8	14:10	10,89	9,77
9	14:20	10,89	9,69
10	14:30	10,88	9,86

Pengukuran nilai pH air dilakukan menggunakan dua perangkat, yaitu Sensor dan Alat Ukur standar, dengan interval waktu setiap 10 menit mulai dari pukul 13:00 hingga 14:30. Data ini merekam perubahan nilai pH air dalam periode waktu tersebut.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai pH yang dicatat oleh Sensor berkisar antara 10,53 hingga 10,89, sedangkan Alat Ukur mencatat nilai pH antara 9,66 hingga 9,91. Nilai pH dari Sensor cenderung stabil, sebagian besar berada di angka 10,88–10,89 setelah waktu pengukuran pertama.

Selanjutnya pengambilan data akan dilakukan pada hari ke-dua dengan waktu yang berbeda yaitu dari pagi menuju ke siang hari dari pukul 10.00 hingga 11.30 untuk mengetahui seberapa stabil nilai pH yang terbaca.

Tabel 4.4 Data Pengujian Sensor pH Pada Hari Ke-2

No	Waktu	pH	
		Sensor	Alat Ukur
1	10:00	10,89	9,84
2	10:10	10,88	9,87
3	10:20	10,89	9,85
4	10:30	10,88	9,88
5	10:40	10,89	9,86
6	10:50	10,88	9,81
7	11:00	10,88	9,86
8	11:10	10,89	9,85
9	11:20	10,87	9,85
10	11:30	9,28	9,87

Data menunjukkan hasil pengukuran pH menggunakan sensor digital dibandingkan dengan alat ukur acuan setiap 10 menit. Dari pukul 10:00 hingga 11:20, sensor secara konsisten mencatat nilai pH yang lebih tinggi dibandingkan dengan alat ukur. Misalnya, pada pukul 10:00 sensor mencatat pH sebesar 10,89 sementara alat ukur menunjukkan 9,84, yang menunjukkan selisih signifikan sebesar 1,05.

4.1.3 Pengujian Sensor TDS

Pengujian sensor TDS (ppm) *DFRobot: Analog TDS Sensor/Meter KG3002* dilakukan dengan cara pengambilan data melalui database yang sebelumnya telah dikonfigurasi untuk membuat data laporan dalam interval waktu 10 menit dan data alat ukur diambil secara manual menggunakan alat ukur yang telah dikalibrasi sebelumnya.

Tabel 4.5 Data Pengujian Sensor TDS Pada Hari Ke-1

No	Waktu	TDS (ppm)	
		Sensor	Alat Ukur
1	13:00	385,65	340
2	13:10	365,23	337
3	13:20	374,94	335

No	Waktu	TDS (ppm)	
		Sensor	Alat Ukur
4	13:30	395,03	330
5	13:40	409,93	335
6	13:50	519,68	533
7	14:00	546,87	533
8	14:10	562,62	532
9	14:20	580,08	530
10	14:30	564,07	525

Pengukuran TDS (*Total Dissolved Solids*) dilakukan menggunakan dua perangkat, yaitu Sensor dan Alat Ukur standar, dengan interval waktu setiap 10 menit mulai dari pukul 13:00 hingga 14:30. Data ini bertujuan untuk memantau perubahan konsentrasi padatan terlarut dalam air selama periode pengamatan.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai TDS yang tercatat oleh Sensor berada dalam kisaran 365,20 ppm hingga 580,08 ppm, sedangkan hasil dari Alat Ukur berkisar antara 330 ppm hingga 533 ppm.

Selanjutnya pengambilan data akan dilakukan pada hari ke-dua dengan waktu yang berbeda yaitu dari pagi menuju ke siang hari dari pukul 10.00 hingga 11.30 untuk mengetahui seberapa stabil nilai pembacaan TDS.

Tabel 4.6 Data Pengujian Sensor TDS Pada Hari Ke-1

No	Waktu	TDS (ppm)	
		Sensor	Alat Ukur
1	10:00	585,65	520
2	10:10	565,29	521
3	10:20	574,94	532
4	10:30	595,03	524
5	10:40	509,93	525
6	10:50	519,68	546
7	11:00	546,87	540
8	11:10	562,62	544
9	11:20	580,08	539
10	11:30	564,07	541

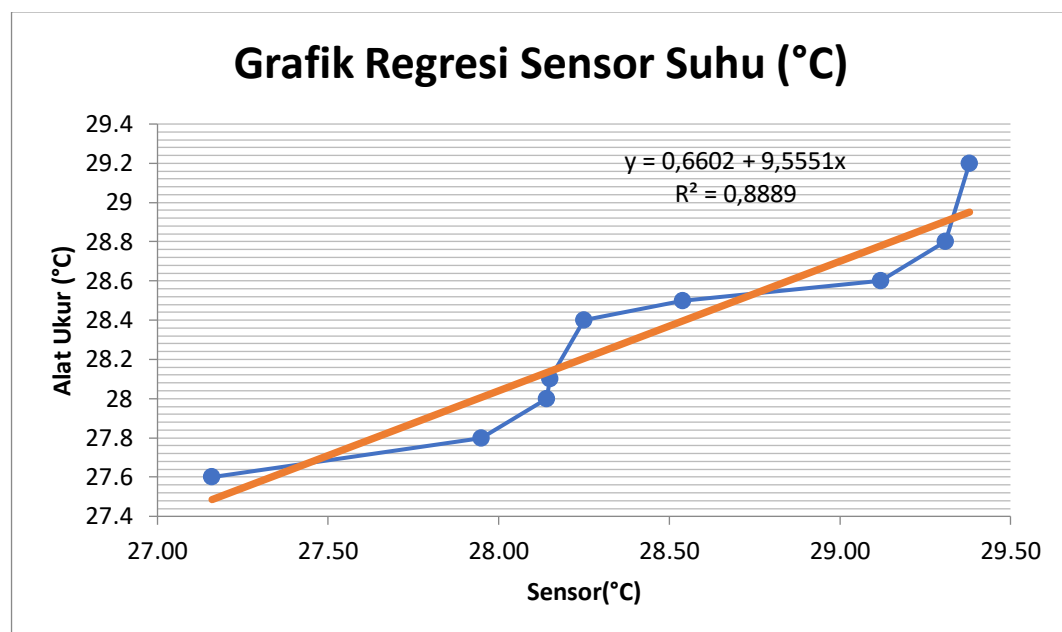
Data memperlihatkan hasil pengukuran kadar TDS dalam satuan ppm (*part per million*) menggunakan sensor digital dan alat ukur acuan. Dari keseluruhan pengukuran, terlihat bahwa nilai TDS dari sensor cenderung lebih tinggi dibandingkan alat ukur acuan hampir di semua waktu pengambilan data.

Contohnya, pada pukul 10:00, sensor mencatat nilai 585,65 ppm sementara alat ukur mencatat 520 ppm, dengan selisih sebesar 65,65 ppm. Perbedaan ini cukup konsisten terjadi pada sebagian besar data, menunjukkan adanya pola overestimasi dari sensor terhadap nilai sebenarnya.

Namun terdapat juga satu titik di mana sensor mencatat lebih rendah, yaitu pada pukul 10:40, di mana sensor membaca 509,93 ppm, sementara alat ukur mencatat 530 ppm. Ini bisa disebabkan oleh faktor lingkungan sesaat, atau reaksi sensor terhadap kondisi tertentu yang belum stabil.

4.2 Analisis Akurasi Sensor dengan Pendekatan Regresi Linear

4.2.1 Analisis Sensor Suhu



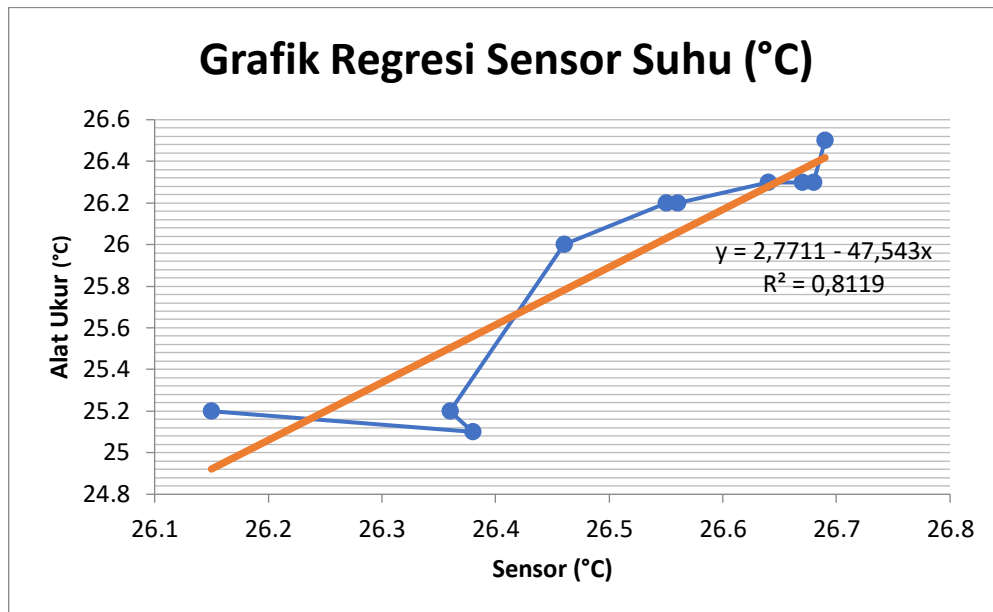
Gambar 4.1 Grafik Regresi Linear Sensor Suhu (°C) Pada Hari Ke-1

Grafik regresi sensor suhu di atas menggambarkan hubungan antara nilai suhu yang terbaca oleh sensor dengan nilai suhu aktual yang diukur oleh alat ukur standar. Garis biru menunjukkan data hasil pengukuran aktual, sementara garis oranye adalah garis regresi linear yang merepresentasikan kecenderungan hubungan antara kedua variabel tersebut.

Berdasarkan grafik, terlihat bahwa nilai suhu yang terbaca oleh sensor cenderung lebih tinggi dibandingkan alat ukur, yang dapat dilihat dari sebagian besar titik data berada di atas garis regresi. Hal ini menunjukkan bahwa sensor memiliki kecenderungan overestimasi atau membaca nilai lebih tinggi dari nilai sebenarnya.

Persamaan regresi yang dihasilkan adalah $\hat{y} = 0,6602 + 9,5551x$, di mana nilai x adalah suhu yang terbaca oleh sensor dan y adalah suhu yang diprediksi sesuai dengan alat ukur. Koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,8889 menunjukkan bahwa sekitar 89% variasi data alat ukur dapat dijelaskan oleh pembacaan sensor, yang berarti hubungan antara keduanya cukup kuat dan linier.

Dengan demikian, model regresi ini dapat digunakan untuk mengoreksi atau mengkalibrasi pembacaan sensor agar lebih mendekati nilai yang sebenarnya. Namun, perbedaan antar titik masih terlihat, sehingga pengukuran tetap membutuhkan evaluasi lanjutan untuk meningkatkan akurasi sistem.



Gambar 4.2 Grafik Regresi Linear Sensor Suhu (°C) Pada Hari Ke-2

Pengujian di hari ke-dua menghasilkan grafik regresi sensor suhu memperlihatkan hubungan antara suhu yang terbaca oleh sensor dengan suhu aktual yang diukur oleh alat ukur standar. Garis biru pada grafik menunjukkan nilai pengukuran aktual, sedangkan garis oranye merupakan garis regresi linear yang menunjukkan kecenderungan atau pola hubungan linier antara pembacaan sensor dan alat ukur.

Persamaan regresi yang terbentuk adalah $\hat{y} = 2,7711 - 47,543x$, dengan nilai $R^2 = 0,8119$. Artinya, sekitar 81% variasi nilai dari alat ukur dapat dijelaskan oleh data dari sensor, yang menunjukkan bahwa hubungan antara keduanya cukup kuat secara statistik.

Dari grafik tersebut, terlihat bahwa beberapa titik data menyimpang dari garis regresi, terutama pada bagian awal. Hal ini menandakan adanya inkonsistensi pembacaan sensor pada suhu rendah, meskipun secara umum tren hubungan antara sensor dan alat ukur tetap searah.

Secara keseluruhan, sensor sudah memiliki kecenderungan mengikuti pola pengukuran alat ukur, namun masih diperlukan kalibrasi lebih lanjut agar

pembacaan sensor dapat menghasilkan nilai yang lebih akurat dan presisi, terutama pada kisaran suhu tertentu.

Kedua grafik regresi yang ditampilkan menggunakan sensor dan alat ukur yang sama untuk mengukur suhu air, namun diambil pada waktu atau sesi yang berbeda. Grafik pertama, dengan persamaan regresi $\hat{y} = 0,6602 + 9,5551x$ dan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,8889$, menunjukkan hubungan linier yang cukup kuat antara pembacaan sensor dengan alat ukur. Ini menunjukkan bahwa sensor mampu merepresentasikan nilai suhu dari alat ukur dengan baik, meskipun terdapat sedikit variasi pada beberapa titik data.

Sebaliknya, grafik kedua memiliki persamaan regresi $\hat{y} = 2,7711 - 47,543x$ dan nilai $R^2 = 0,8119$. Meskipun nilai R^2 juga tergolong baik, bentuk sebaran data menunjukkan adanya deviasi yang lebih jelas pada awal pengukuran. Hal ini mengindikasikan bahwa performa sensor sedikit menurun atau kurang konsisten, kemungkinan karena pengaruh faktor eksternal seperti perubahan lingkungan, gangguan kalibrasi, atau variasi waktu respon sensor.

Karena alat dan sensor yang digunakan pada dua kondisi tersebut sama, maka variasi pada hasil regresi kemungkinan besar disebabkan oleh kondisi saat pengambilan data. Ini menunjukkan pentingnya melakukan kalibrasi berkala dan pengujian berulang untuk memastikan kestabilan sensor dalam berbagai kondisi.

Tabel 4.7 Data Persentase *Error* dan Akurasi Sensor Suhu DS18B20 (°C)

No	Suhu Air (°C)				
	Waktu	Sensor	Alat Ukur	<i>Error</i> (%)	Akurasi (%)
Hari Ke-1					
1	13.00	28,69	28,9	0,73	99,27
2	13.10	29,38	29,2	0,61	99,39
3	13.20	29,31	28,8	1,74	98,26
4	13.30	29,12	28,6	1,79	98,21
5	13.40	28,54	28,5	0,14	99,86
6	13.50	28,25	28,4	0,53	99,47
7	14.00	28,15	28,1	0,18	99,82
8	14.10	28,14	28,0	0,50	99,50

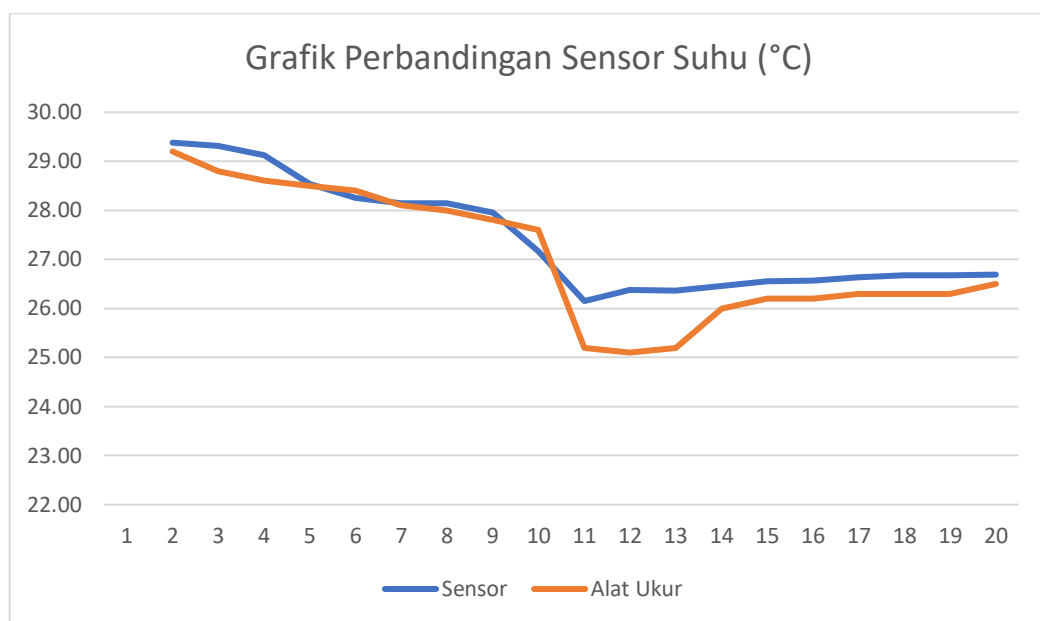
9	14.20	27,95	27,8	0,54	99,46
10	14.30	27,16	27,6	1,62	98,38
Hari Ke-2					
11	10.00	26,15	25,2	3,63	96,37
12	10.10	26,38	25,1	4,85	95,15
13	10.20	26,36	25,2	4,40	95,60
14	10.30	26,46	26,0	1,74	98,26
15	10.40	26,55	26,2	1,32	98,68
16	10.50	26,56	26,2	1,36	98,64
17	11.00	26,64	26,3	1,28	98,72
18	11.10	26,67	26,3	1,39	98,61
19	11.20	26,68	26,3	1,42	98,58
20	11.30	26,69	26,5	0,71	99,29
Rata-rata				1,52	98,48

Pengukuran suhu air dilakukan sebanyak 20 kali dengan membandingkan hasil pembacaan dari sensor suhu DS18B20 terhadap alat ukur konvensional sebagai acuan. Parameter yang dianalisis meliputi *error* relatif (%) dan akurasi (%) dari sensor terhadap nilai referensi.

Secara umum, nilai suhu yang dibaca oleh sensor sangat mendekati nilai dari alat ukur, dengan *error* rata-rata sebesar 1,52%. *Error* terkecil tercatat pada pengukuran ke-5 yaitu sebesar 0,14%, menunjukkan bahwa pada kondisi tersebut sensor hampir identik dengan alat ukur. Sementara itu, *error* tertinggi terjadi pada pengukuran ke-12, yaitu sebesar 4,85%, di mana pembacaan sensor menunjukkan selisih cukup signifikan dibandingkan alat referensi. Selain itu, nilai *error* juga relatif tinggi pada pengukuran ke-11 dan ke-13 (masing-masing 3,63% dan 4,40%).

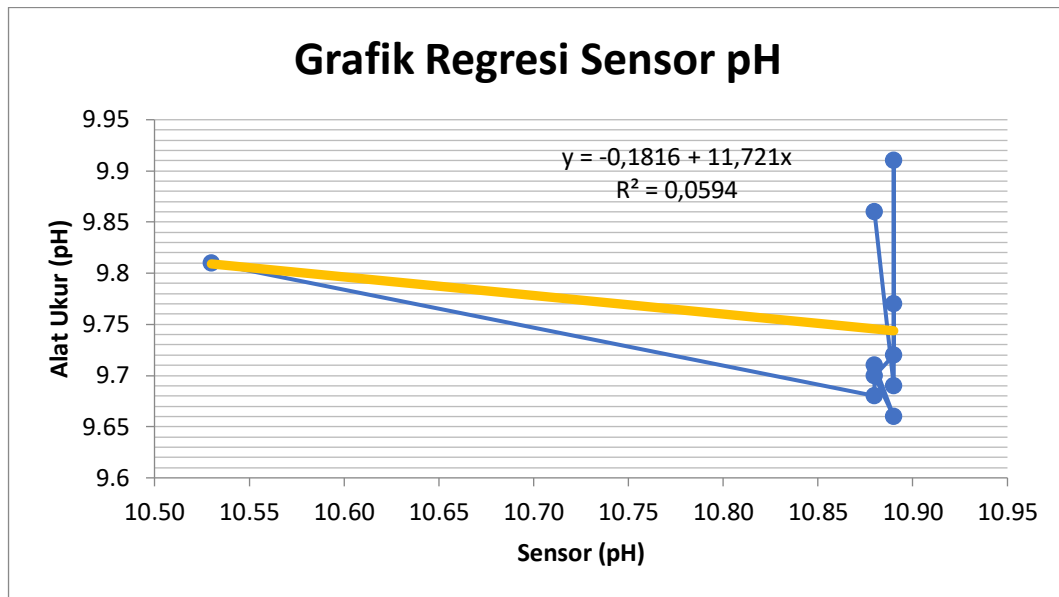
Dari sisi akurasi, sensor menunjukkan performa yang sangat baik dengan rata-rata akurasi sebesar 98,48%, menandakan bahwa dalam mayoritas kasus, sensor dapat diandalkan untuk mengukur suhu air secara *real-time*. Akurasi tertinggi ditemukan pada pengukuran ke-5 dengan nilai 99,86%, sedangkan akurasi terendah terdapat pada pengukuran ke-12, yaitu 95,15%, yang masih dalam batas wajar untuk aplikasi non-kritis.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa sensor suhu DS18B20 bekerja secara konsisten dan akurat dalam sistem *smart hydroponics*. Meskipun terdapat beberapa pengukuran dengan *error* di atas 3%, data tersebut masih dapat diterima secara teknis. Namun, pengukuran dengan deviasi tinggi sebaiknya dievaluasi lebih lanjut, karena bisa disebabkan oleh faktor lingkungan, keterlambatan respon sensor, atau perlunya kalibrasi ulang. Berikut merupakan grafik perbandingan pembacaan sensor dengan alat ukur:



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Sensor Dengan Alat Ukur (°C)

4.2.2 Analisis Sensor pH

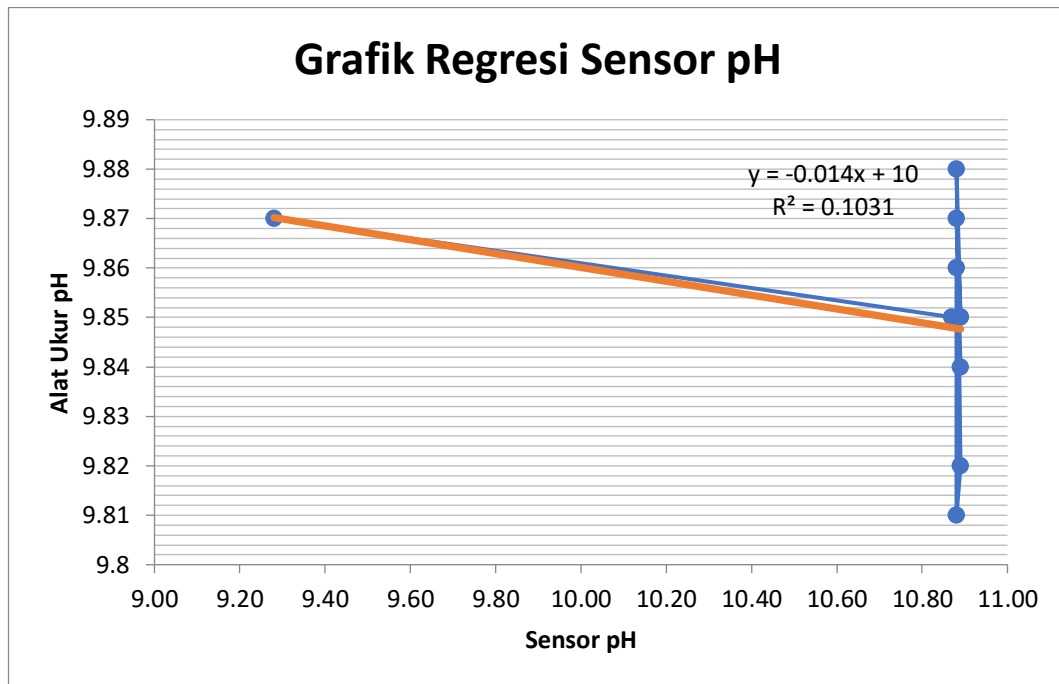


Gambar 4.4 Grafik Regresi Linear Sensor pH Pada Hari Ke-1

Grafik regresi linear yang ditampilkan menunjukkan hubungan antara nilai pembacaan sensor pH dan alat ukur pH standar. Secara umum, nilai sensor cenderung berada pada rentang sempit yaitu sekitar 10,88 hingga 10,89, dengan satu nilai yang menyimpang yaitu 10,53. Sementara itu, nilai dari alat ukur menunjukkan variasi yang lebih besar, mulai dari 9,66 hingga 9,91.

Akibat dari distribusi data yang sempit pada sumbu X (sensor), grafik regresi yang terbentuk tidak menunjukkan garis yang menyudut tajam sebagaimana biasanya terlihat pada hubungan linier yang kuat. Sebaliknya, garis regresi tampak cenderung mendatar atau vertikal karena kurangnya variasi nilai pada variabel bebas. Meskipun demikian, garis regresi tetap memberikan gambaran tren umum, yaitu bahwa pembacaan sensor cenderung lebih tinggi daripada alat ukur standar, yang mengindikasikan adanya overestimasi oleh sensor pH.

Koefisien determinasi R^2 pada grafik ini kemungkinan juga tidak terlalu tinggi, yang menandakan bahwa model regresi linear tidak sepenuhnya mampu menjelaskan variasi data. Hal ini dapat disebabkan oleh sifat data yang kurang tersebar secara merata.



Gambar 4.5 Grafik Regresi Linear Sensor pH Pada Hari Ke-2

Grafik regresi ini menunjukkan hubungan antara nilai pH yang diukur oleh sensor dan nilai acuan dari alat ukur pH. Berdasarkan grafik, garis regresi linear yang terbentuk memiliki persamaan $\hat{y} = -0,014 + 10x$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,1031$

Nilai koefisien regresi yang negatif menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan hubungan berbanding terbalik yang sangat lemah antara sensor dan alat ukur, yang artinya saat nilai sensor meningkat sedikit, nilai alat ukur justru cenderung sedikit menurun. Namun, karena nilai R^2 sangat rendah (sekitar 10%), ini menandakan bahwa model regresi ini tidak menjelaskan variasi data dengan baik, dan hubungan antara sensor dan alat ukur tidak linear atau sangat lemah.

Hal ini diperkuat oleh tampilan data yang sangat terkonsentrasi pada satu titik x (sekitar 10,88), dengan hanya satu titik outlier di kisaran 10,53. Karena variabel sensor hampir tidak bervariasi, grafik menjadi tampak vertikal dengan sedikit kemiringan, dan ini menyebabkan model regresi menjadi kurang representatif secara statistik.

Dengan kata lain, sensor pH menunjukkan pembacaan yang hampir konstan, sementara alat ukur memiliki sedikit fluktuasi, sehingga korelasi antar keduanya sangat rendah. Kondisi ini mengindikasikan bahwa sensor mungkin kurang sensitif atau tidak akurat dalam mengikuti variasi nyata yang ditunjukkan oleh alat ukur standar.

Kedua grafik regresi yang ditampilkan merepresentasikan hubungan antara pembacaan sensor pH dengan alat ukur acuan, menggunakan perangkat yang sama namun berdasarkan dua rangkaian data yang berbeda. Secara umum, keduanya menunjukkan bahwa performa sensor dalam mengikuti pembacaan alat ukur masih tergolong rendah.

Pada grafik pertama, nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,1031 menunjukkan hubungan yang sangat lemah antara sensor dan alat ukur. Garis regresi yang cenderung datar (slope -0,0144) mengindikasikan bahwa perubahan nilai pada sensor hanya memberikan perubahan yang sangat kecil terhadap hasil alat ukur. Meskipun demikian, persebaran data pada grafik ini cukup terkonsentrasi dan tidak menunjukkan adanya pencilan ekstrem, sehingga garis tren yang terbentuk masih cukup representatif.

Sebaliknya, grafik kedua memperlihatkan nilai R^2 yang bahkan lebih rendah, yaitu 0,0594. Ini menandakan bahwa hubungan antara sensor dan alat ukur semakin lemah. Kemiringan garis regresi yang lebih curam (slope -0,1816) tidak mencerminkan akurasi lebih baik, melainkan menunjukkan adanya outlier atau data pencilan yang mempengaruhi garis regresi secara signifikan. Titik data pada nilai sensor yang berbeda sendiri menarik garis regresi ke bawah dan menurunkan keandalan model secara keseluruhan.

Dari perbandingan ini dapat disimpulkan bahwa meskipun sensor dan alat ukur yang digunakan adalah sama, variasi data memberikan pengaruh besar terhadap kualitas regresi yang dihasilkan. Kedua grafik memperlihatkan bahwa sensor pH belum memberikan hasil yang konsisten dan presisi dalam mencerminkan nilai acuan. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut terhadap kestabilan

sensor, kemungkinan *error* pengukuran, serta perlunya kalibrasi lanjutan agar sensor dapat digunakan secara andal dalam pengukuran pH.

Tabel 4.8 Data Persentase *Error* dan Akurasi Sensor pH SEN0169-V2

No	pH				
	Waktu	Sensor	Alat Ukur	<i>Error</i> %	Akurasi %
Hari Ke-1					
1	13.00	10,53	9,81	6,84	93,16
2	13.10	10,88	9,68	11,03	88,97
3	13.20	10,88	9,71	10,75	89,24
4	13.30	10,89	9,66	11,29	88,70
5	13.40	10,88	9,70	10,85	89,15
6	13.50	10,89	9,72	10,74	89,25
7	14.00	10,89	9,91	9,00	91,00
8	14.10	10,89	9,77	10,28	89,72
9	14.20	10,89	9,69	11,02	88,98
10	14.30	10,88	9,86	9,38	90,62
Hari Ke-2					
11	10.00	10,89	9,84	9,64	90,36
12	10.10	10,88	9,87	9,28	90,72
No	pH				
	Waktu	Sensor	Alat Ukur	<i>Error</i> %	Akurasi %
13	10.20	10,89	9,85	9,55	90,45
14	10.30	10,88	9,88	9,19	90,81
15	10.40	10,89	9,82	9,83	90,17
16	10.50	10,88	9,81	9,83	90,16
17	11.00	10,88	9,86	9,38	90,62
18	11.10	10,89	9,85	9,55	90,45
19	11.20	10,87	9,85	9,38	90,61
20	11.30	9,28	9,87	6,36	93,64
Rata-rata				9,66	90,34

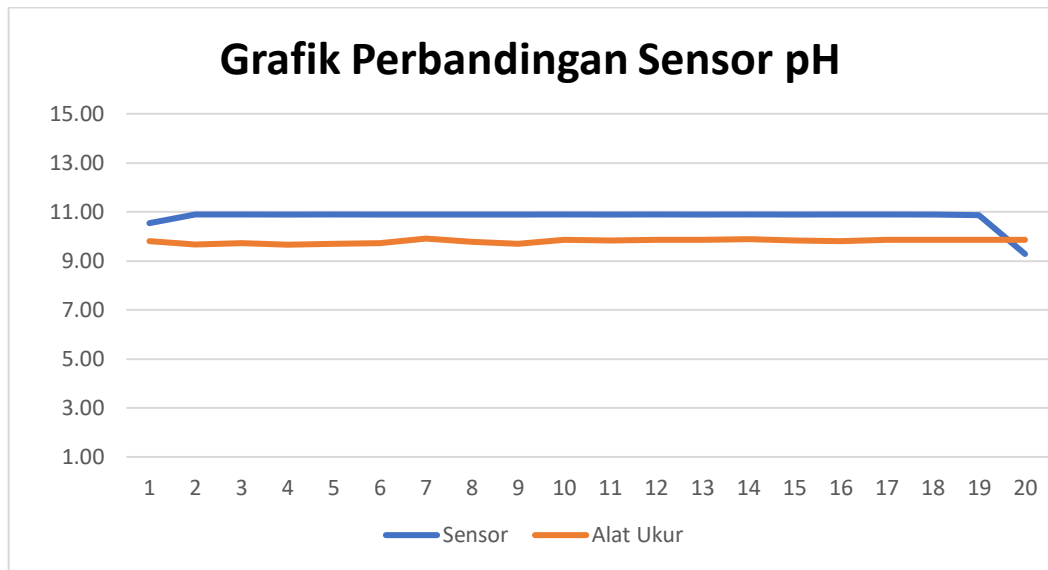
Pengukuran pH dilakukan sebanyak 20 kali dengan membandingkan nilai dari sensor dengan alat ukur konvensional sebagai referensi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai pH yang terbaca oleh sensor berada dalam kisaran 9,28 hingga 10,89, sementara alat ukur menunjukkan nilai antara 9,66 hingga 9,91.

Sebagian besar pembacaan sensor berada pada angka 10,88–10,89, namun terjadi penurunan signifikan pada pengukuran terakhir (ke-20) menjadi 9,28, yang patut dicurigai sebagai anomali atau gangguan teknis.

Secara keseluruhan, *error* rata-rata sebesar 9,66% menunjukkan bahwa tingkat kesalahan sensor masih dalam batas wajar untuk penggunaan di lingkungan non-laboratorium. *Error* tertinggi tercatat pada pengukuran ke-4, yaitu sebesar 11,29%, sedangkan *error* terendah terjadi pada pengukuran ke-20 dengan nilai 6,36%. Rata-rata akurasi yang diperoleh dari pengujian ini adalah sebesar 90,34%, yang mencerminkan kinerja sensor yang cukup baik dalam memantau parameter pH secara *real-time*. Akurasi tertinggi dicapai pada pengukuran ke-20 (93,64%), sedangkan akurasi terendah tercatat pada pengukuran ke-4 (88,70%).

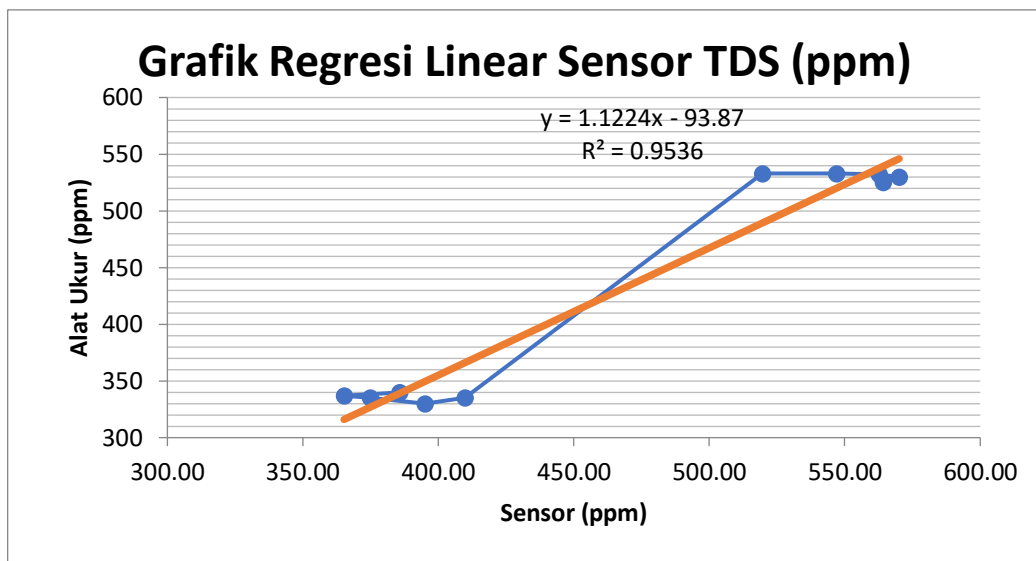
Meskipun nilai sensor menunjukkan kestabilan tinggi di sebagian besar pengukuran, penyimpangan pada data terakhir menandakan perlunya perhatian lebih terhadap kemungkinan gangguan seperti perubahan kondisi larutan, kesalahan sampling, atau ketidakstabilan sistem sensor. Kejadian ini dapat menjadi indikasi penting untuk evaluasi sistem secara berkala.

Dengan akurasi yang relatif tinggi dan kesalahan yang rendah, sensor pH dalam penelitian ini menunjukkan performa yang cukup handal untuk aplikasi sistem monitoring berbasis IoT di lingkungan hidroponik. Namun, monitoring berkelanjutan dan kalibrasi berkala tetap disarankan untuk menjaga kualitas data dan mendeteksi anomali sejak dini.



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Sensor pH Dan Alat Ukur

4.2.3 Analisis Sensor TDS



Gambar 4.7 Grafik Regresi Linear Sensor TDS Pada Hari Ke-1

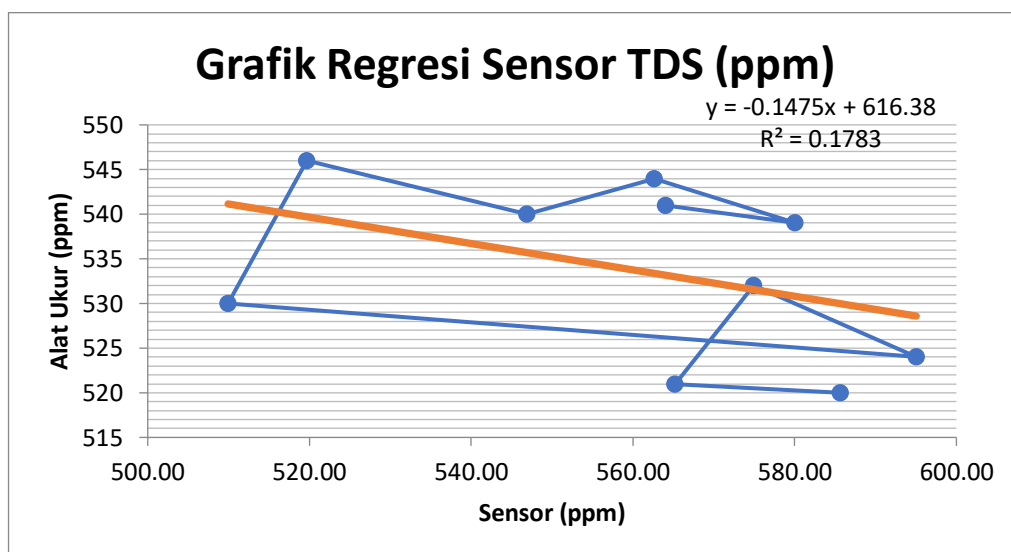
Grafik di atas menunjukkan hubungan antara hasil pengukuran *Total Dissolved Solids* (TDS) oleh sensor dengan nilai acuan dari alat ukur pembanding. Berdasarkan persamaan regresi linear yang ditampilkan, yaitu $\hat{y} = 1,1224 - 93,87x$,

dan koefisien determinasi $R^2 = 0,9536$, dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan linier yang sangat kuat antara pembacaan sensor dan alat ukur.

Nilai R^2 mendekati 1 (0,9536) menunjukkan bahwa sekitar 95,36% variasi nilai pada alat ukur dapat dijelaskan oleh variasi pada pembacaan sensor. Ini adalah indikasi kuat bahwa sensor memiliki kinerja yang sangat baik dan konsisten dalam mengukur nilai TDS, setidaknya dalam rentang data yang dianalisis.

Kemiringan garis regresi (slope) sebesar 1,1224 mengindikasikan bahwa setiap peningkatan 1 ppm pada sensor diikuti oleh kenaikan sekitar 1,12 ppm pada alat ukur. Nilai slope yang lebih dari 1 menunjukkan adanya sedikit kecenderungan overestimasi, yakni sensor cenderung membaca sedikit lebih tinggi dibanding alat ukur, terutama pada nilai-nilai yang lebih tinggi.

Secara visual, titik-titik data cukup merapat ke garis regresi, yang menunjukkan kestabilan dan konsistensi sensor. Namun, terdapat sedikit penyimpangan pada rentang nilai tengah (sekitar 400 ppm), di mana beberapa titik sedikit menyimpang dari garis. Hal tersebut disebabkan oleh penambahan zat AB mix yang membuat nilai dari pada total zat padat terlarut mengalami kenaikan. Walau demikian, ini tidak signifikan dan tidak terlalu mempengaruhi kualitas model secara keseluruhan.



Gambar 4.8 Grafik Regresi Linear Sensor TDS Pada Hari Ke-2

Grafik regresi di atas menunjukkan hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh sensor TDS dan alat ukur acuan, dalam rentang pembacaan yang lebih sempit dibanding grafik sebelumnya. Berdasarkan persamaan regresi yang diperoleh, yaitu $\hat{y} = -0,1475 + 616,38x$, dengan nilai $R^2 = 0,1783$, dapat disimpulkan bahwa kualitas hubungan linier antara sensor dan alat ukur pada data ini sangat lemah.

Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,1783 menandakan bahwa hanya sekitar 17,83% variasi pada hasil alat ukur yang dapat dijelaskan oleh variasi pada sensor. Ini menunjukkan bahwa data tidak mengikuti pola linier yang konsisten, dan ada penyebaran data yang cukup besar terhadap garis regresi.

Kemiringan garis regresi bernilai negatif (-0,1475), yang artinya secara statistik terdapat kecenderungan semakin tinggi pembacaan sensor, semakin rendah pembacaan alat ukur. Hal ini berlawanan arah dengan ekspektasi logis dalam pengukuran TDS, yang seharusnya menunjukkan hubungan positif. Ini bisa menjadi indikasi adanya anomali data, ketidakkonsistenan sensor, atau pengaruh lingkungan yang belum terkontrol dengan baik selama pengambilan data.

Secara visual, titik-titik data tersebar secara tidak teratur, dengan pola zig-zag, memperkuat indikasi bahwa sensor tidak memberikan hasil yang konsisten dalam rentang ini. Meskipun beberapa titik mendekati garis regresi, namun sebagian besar menyimpang cukup jauh, mengurangi keakuratan model prediktif regresi ini.

Sensor TDS (*Total Dissolved Solids*) yang digunakan pada dua grafik regresi menunjukkan performa yang sangat berbeda meskipun alat ukur dan sensor yang digunakan adalah sama. Perbedaan ini disebabkan oleh waktu pengambilan data yang berbeda, yang berdampak signifikan terhadap hasil pengukuran dan konsistensi sensor.

Pada pengambilan data pertama, sensor menunjukkan hubungan yang sangat baik dengan alat ukur acuan, dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9536. Nilai ini menunjukkan bahwa lebih dari 95% variasi dalam data alat ukur dapat dijelaskan oleh pembacaan sensor. Garis regresi linear pada grafik juga

menunjukkan kemiringan yang wajar dan arah yang sejalan, mengindikasikan bahwa sensor bekerja secara optimal dalam kondisi tersebut. Ini menggambarkan situasi di mana lingkungan dan proses pengukuran berada dalam kondisi stabil dan ideal, sehingga sensor dapat memberikan hasil yang presisi dan akurat.

Sebaliknya, pada pengambilan data kedua, performa sensor tampak menurun secara signifikan. Grafik menunjukkan nilai R^2 hanya sebesar 0,1783, yang berarti hubungan antara data sensor dan alat ukur sangat lemah. Bahkan, garis regresi memiliki kemiringan negatif, yang secara logis bertentangan dengan prinsip kerja sensor TDS di mana nilai sensor seharusnya meningkat seiring dengan peningkatan nilai pengukuran. Hal ini mengindikasikan kemungkinan adanya gangguan saat pengambilan data, seperti perubahan suhu lingkungan, kelembaban, pengaruh air yang tidak homogen, atau bahkan kesalahan dalam prosedur pengambilan data.

Dari perbandingan ini dapat disimpulkan bahwa meskipun sensor yang digunakan sama, waktu dan kondisi pengambilan data sangat mempengaruhi keakuratan dan konsistensi hasil. Hal ini menegaskan pentingnya standarisasi prosedur pengukuran dan kontrol lingkungan saat melakukan pengujian sensor untuk mendapatkan hasil yang andal.

Tabel 4.9 Data Persentase *Error* dan Akurasi Sensor TDS KG3002 (ppm)

No	TDS (ppm)				
	Waktu	Sensor	Alat Ukur	<i>Error</i> %	Akurasi %
Hari Ke-1					
1	13.00	385,65	340	13,43	86,57
2	13.10	365,2	337	8,37	91,63
3	13.20	374,94	335	11,92	88,08
4	13.30	395,03	330	19,71	80,29
5	13.40	409,93	335	22,37	77,63
6	13.50	519,68	533	2,50	97,50
7	14.00	546,87	533	2,60	97,40
8	14.10	562,62	532	5,76	94,24
9	14.20	570,08	530	7,56	92,44

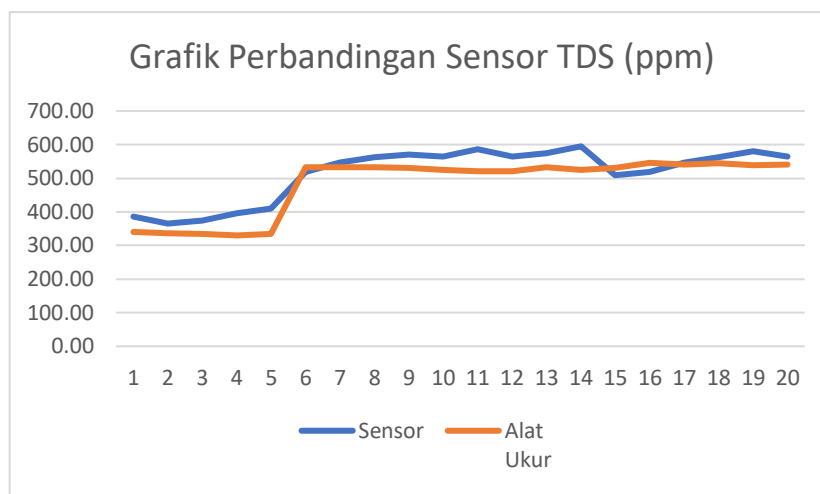
10	14.30	564,07	525	7,44	92,56
Hari Ke-2					
11	10.00	585,65	520	12,63	87,38
12	10.10	565,2	521	8,48	91,52
13	10.20	574,94	532	8,07	91,93
14	10.30	595,03	524	13,56	86,44
15	10.40	509,93	530	3,79	96,21
16	10.50	519,68	546	4,82	95,18
17	11.00	546,87	540	1,27	98,73
18	11.10	562,62	544	3,42	96,58
19	11.20	580,08	539	7,62	92,38
20	11.30	564,07	541	4,26	95,74
Rata-rata				8,48	91,52

Pengukuran TDS dilakukan sebanyak 20 kali dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur konvensional sebagai referensi. Nilai TDS yang terbaca oleh sensor bervariasi cukup lebar, mulai dari 365,20 ppm hingga 595,03 ppm. Sebaliknya, alat ukur menunjukkan rentang nilai antara 330 ppm hingga 546 ppm. Secara umum, nilai sensor sedikit lebih tinggi dibanding alat ukur, yang menunjukkan adanya *overestimation* atau pembacaan berlebih oleh sensor.

Error rata-rata dari pengukuran ini tercatat sebesar 8,48%, yang menunjukkan bahwa tingkat kesalahan sensor masih berada dalam kategori layak untuk penggunaan sistem monitoring berbasis IoT. *Error* tertinggi terjadi pada pengukuran ke-5 dengan nilai 22,37%, sedangkan *error* terendah tercatat pada pengukuran ke-17 dengan nilai hanya 1,27%. Hal ini mencerminkan adanya beberapa fluktuasi dalam performa sensor, terutama pada awal pengukuran, yang mungkin disebabkan oleh stabilisasi sistem atau perubahan kondisi larutan.

Akurasi sensor terhadap alat ukur konvensional menunjukkan hasil yang cukup baik, dengan rata-rata akurasi sebesar 91,52%. Akurasi tertinggi tercatat pada pengukuran ke-17, yaitu 98,73%, sedangkan akurasi terendah berada pada pengukuran ke-5 sebesar 77,63%. Sebagian besar nilai akurasi berada di atas 90%, yang menandakan bahwa sensor mampu memberikan data yang cukup andal dalam konteks pemantauan kualitas air hidroponik secara *real-time*.

Secara umum, performa sensor TDS dapat dikatakan cukup stabil dan akurat, meskipun terdapat beberapa nilai ekstrim yang menunjukkan potensi penyimpangan. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun sensor dapat diandalkan dalam operasional sehari-hari, tetap diperlukan kalibrasi berkala serta pengawasan terhadap pembacaan yang menyimpang secara signifikan agar data yang dihasilkan tetap akurat dan konsisten.



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Sensor TDS dan Alat Ukur

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat akurasi sensor dalam sistem *smart hydroponics* berbasis IoT memiliki pengaruh signifikan terhadap efektivitas monitoring parameter lingkungan, khususnya pada suhu air, pH, dan TDS. Pengamatan dan analisis menunjukkan beberapa temuan penting berikut:

1. Akurasi sensor terhadap alat ukur referensi

Sensor suhu (DS18B20) menunjukkan akurasi yang sangat tinggi dengan rata-rata 98,4% dan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,88. Data harian menunjukkan konsistensi antara pembacaan sensor dan alat ukur konvensional, menjadikannya dapat diandalkan dalam sistem hidroponik *real-time*. Sensor TDS (KG3002) juga menunjukkan hasil akurasi yang cukup tinggi yaitu 91,52%

dan nilai (R^2) sebesar 0,95 di hari pertama, meskipun terdapat penurunan koefisien determinasi di hari kedua. Sebaliknya, sensor pH (SEN0169-V2) cenderung menunjukkan nilai *overestimate* terhadap alat ukur EZ-9909, dengan nilai R^2 yang sangat rendah ($<0,11$), menandakan lemahnya hubungan dan perlunya kalibrasi, namun nilai dari akurasi sensor pH masih tergolong baik di angka 90,34%.

2. Hubungan antar variabel melalui regresi linear

Pendekatan regresi linear berhasil mengidentifikasi kekuatan hubungan antara data sensor dan alat ukur acuan. Grafik dan perhitungan statistik menunjukkan bahwa untuk sensor suhu dan TDS, terdapat korelasi yang cukup kuat, sedangkan sensor pH tidak menunjukkan pola hubungan yang konsisten. Hal ini menunjukkan bahwa metode regresi linear efektif digunakan sebagai alat evaluasi dan kalibrasi sistem IoT, terutama untuk sensor yang digunakan secara terus-menerus.

3. Kontribusi terhadap efisiensi sistem IoT dalam pertanian presisi

Sistem *smart hydroponics* berbasis IoT terbukti memberikan kemudahan dalam pemantauan otomatis parameter lingkungan. Dengan data yang diperoleh secara berkala setiap 10 menit, pengguna dapat memantau kondisi larutan nutrisi secara *real-time*. Sensor suhu air menunjukkan akurasi tertinggi dengan rata-rata 98,48%, yang menandakan bahwa sistem sangat andal dalam mendeteksi perubahan suhu larutan nutrisi secara *real-time*. Untuk parameter pH, sistem menunjukkan akurasi rata-rata sebesar 90,34%, yang tergolong baik meskipun terdapat beberapa deviasi data yang cukup tinggi pada waktu-waktu tertentu. Sementara itu, sensor TDS memiliki akurasi rata-rata 91,54%, yang juga menunjukkan kinerja yang cukup stabil dalam memantau kadar zat terlarut dalam larutan hidroponik. Secara keseluruhan, dengan mengambil rata-rata dari ketiga parameter utama tersebut, diperoleh nilai efisiensi sistem sebesar 93,45% efisien.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian mengenai akurasi sensor dalam sistem *smart hydroponics* berbasis IoT, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan dasar pengembangan sistem ke depan:

1. Optimasi Pemilihan dan Kalibrasi Sensor

Sensor pH menunjukkan ketidakakuratan yang signifikan, sehingga disarankan untuk melakukan kalibrasi secara rutin atau mengganti dengan sensor pH berkualitas lebih tinggi. Pemilihan sensor dengan toleransi *error* rendah dan kemampuan kerja stabil dalam larutan nutrisi hidroponik menjadi kunci keberhasilan sistem monitoring otomatis.

2. Integrasi Sistem Kalibrasi Otomatis dan Perawatan Berkala

Untuk meningkatkan efisiensi sistem, pengembangan fitur kalibrasi otomatis berbasis data historis sangat disarankan. Sistem ini dapat mendeteksi penyimpangan pembacaan sensor dan melakukan penyesuaian otomatis. Selain itu, dijadwalkan perawatan berkala untuk mencegah kerusakan atau penurunan performa sensor akibat penggunaan jangka panjang.

3. Pengembangan Sistem Otomasi dan Respon Adaptif

Penggabungan data sensor dengan sistem pengontrol berbasis logika fuzzy atau machine learning dapat meningkatkan respon adaptif terhadap perubahan parameter lingkungan. Sistem seperti ini memungkinkan pengambilan keputusan otomatis, seperti penyesuaian aliran nutrisi atau suhu air berdasarkan kondisi *real-time*.

4. Perluasan Lingkup Pengujian dan Durasi Penelitian

Untuk memperoleh data yang lebih representatif, pengujian sebaiknya dilakukan dalam waktu yang lebih panjang dan melibatkan berbagai kondisi lingkungan (seperti variasi intensitas cahaya, kelembaban udara, dan suhu ruang). Ini akan membantu memvalidasi performa sensor dalam konteks nyata dan beragam.

5. Penerapan Luas dalam Pertanian Berkelanjutan

Hasil penelitian ini dapat diimplementasikan secara lebih luas dalam sistem pertanian presisi, terutama di wilayah perkotaan atau lahan sempit. Penggunaan

sistem *smart hydroponics* berbasis IoT dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi lahan, serta mendukung pengembangan pertanian berkelanjutan di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Adha, O. P., Muid, A., & Brianorman, Y. (2015). Prototipe sistem buka tutup atap jemuran pakaian menggunakan mikrokontroler ATMega8. *Jurnal Coding, Sistem Komputer Untan*, 3(9), 20-29.
- Agus & Meliana (2023). *Rancang bangun sistem kontrol nutrisi tanaman hidroponik berbasis Internet of Things (IoT)*. Skripsi, Politeknik Negeri Ujung Pandang. (8)
- Afandi, M. (2020). *Sistem kontrol otomatis dan monitoring EC berbasis IoT untuk pemberian pupuk pada tanaman selada hidroponik* (Skripsi Sarjana, Universitas Jember).(8)
<https://repository.unej.ac.id/handle/123456789/102221>,
- Ardhi, S., Wijayanti, R., & Nugroho, P. A. (2021). Penerapan metode regresi linear dalam pengembangan pengukuran aliran air pada sensor YF-S201. *Jurnal Teknik Industri*, 9 (9), 87-96.
- Budi, A. S., Bachri, A., & Hanif, A. (2024). Deteksi kualitas air WSLIC via *Internet of Things (IoT)*. *Journal of Electrical Engineering and Computer (JEECOM)*, 6, 8–15. <https://ejournal.unuja.ac.id/index.php/jeeecom>
- Firmansyah, S., Prihantoro, C., Baihaqi, M. Z. F., & Haidar, H. A. (2022). Sistem Automasi Hidroponik Berbasis IoT. *LEDGER: Journal Informatic and Information Technology*, 1(2).
- Hakim, I., Asdi, A., & Afriliansyah, T. (2024). Implementasi Algoritma Komputasi *Linear Regression* untuk Optimasi Prediksi Hasil Pertanian. *Kesatria: Jurnal Penerapan Sistem Informasi (Komputer dan Manajemen)*, 5, 1423-1434.
- Herlambang, B. A., & Setyawati, V. A. V. (2023). Perancangan Data Flow Diagram sistem pakar penentuan kebutuhan gizi bagi individu normal berbasis web. *Universitas PGRI Semarang & Universitas Dian Nuswantoro*.F. (10)
- Krismadani, F. (2024). Sistem Kontrol dan Monitoring Kumbung dan Baglog untuk Budidaya Jamur Menggunakan Regresi Linear Berbasis Arduino UNO. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*,
- Masduki, A. (2017). Hidroponik sebagai sarana pemanfaatan lahan sempit di Dusun Randubelang, Bangunharjo, Sewon, Bantul. *Jurnal Pemberdayaan*, 1(1), 185-192.
- Paryanta, W., & Mulyani, P. (2021). Purwarupa deteksi pH dan EC larutan nutrisi hidroponik berbasis *Internet of Things*. *GO INFOTECH: Jurnal Ilmiah STMIK AUB*, 27(10), 1-12.

- Patel, A., Patel, D., Kakkar, R., & lainnya. (2023). *Safeguarding the IoT: Taxonomy, Security Solutions, and Future Research Opportunities. Security and Privacy*. (9)
- Rachmawati, A. V., Dzulkihli, & Yantidewi, M. (2022). Analisis kalibrasi sensor BME280 dengan pendekatan regresi linear pada pengukuran temperatur, kelembaban relatif, dan titik embun. *Jurnal Kolaboratif Sains*, 8(10), 45-56
- Radinka, S., Zuhair, N., Nauli, G., Aulia, N., Mundi, C., & Yeninta, D. (2023). Peran mahasiswa dalam menjaga dan membudidayakan tanaman hidroponik di jurusan PKK. *Indonesian Journal of Conservation*, 12(2), 24-32.
- Resh, H. M. (2013). *Hydroponic food production: A definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower* (7th ed.). CRC Press. (2)
- Ronaldo, R. S., Wahjudi, R. S., Subrata, R. H., & Sulaiman, S. (2020). Perancangan smart greenhouse sebagai budidaya tanaman hidroponik berbasis *Internet of Things* (IoT). *KOCENIN Serial Konferensi No. 1*. Webinar Nasional Cendekiawan Ke-6 Tahun 2020, Indonesia. (1)
- Roslioni, R., & Sumarni, N. (2005). *Budidaya tanaman sayuran dengan sistem hidroponik*. Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian(7)
- Siregar, R. R. A., Seminar, K. B., Wahjuni, S., & Santosa, E. (2022). Vertical farming perspectives in support of precision agriculture using artificial intelligence: A review. *Computers*, 11(12).
- Tisna, D. R., Putra, B. J. M., & Maharani, T. (2022). Metode peningkatan akurasi pada sensor TDS berbasis Arduino untuk nutrisi air menggunakan regresi linear. *Jurnal Integrasi*, 14(11), 61-68.
- Trianggana, D. A. (2020). Peramalan jumlah siswa-siswi melalui pendekatan metode regresi linear. *Jurnal Media Infotama*, 16(11).

LAMPIRAN



UNIVERSITAS ISLAM NUSANTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Soekarno Hatta No. 530, Bandung 40286, Telp./Faks.+6222 7509656
Website:www.uninus.ac.id-email:info@uninus.ac.id

Bandung, 04 Februari 2025

Nomor : 188/UNINUS/FTEK/PK/2025
Lampiran : 1 berkas
Perihal : Permohonan Penelitian Tugas Akhir

Kepada Yth.
Fakultas Pertanian
UP. Dosen Program Studi Agroteknologi
Dr. Debby Ustari, S.P., M.P.
Universitas Islam Nusantara
di
Tempat

Assalamua'laikum Wr. Wb

Teriring do'a dipanjatkan salam silaturahmi semoga kita senantiasa ada dalam berkah sehat dan diberikan karunia Allah SWT, Aamiin Yra.

Dengan ini kami mengajukan permohonan kepada Bapak/Ibu untuk dapat menerima mahasiswa kami terlampir, untuk Melakukan Penelitian Tugas Akhir di **Smart Green House, Fakultas Pertanian**. Penelitian Tugas Akhir tersebut merupakan salah satu syarat untuk dapat lulus dan mendapat gelar sarjana di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Islam Nusantara.

Sehubungan dengan hal tersebut, mohon bantuan Bapak/Ibu untuk dapat menerima dan membimbing mahasiswa kami. Demikianlah permohonan ini kami sampaikan, atas perhatian Bapak/Ibu kami ucapkan Terima Kasih.

Wassalamua'laikum Wr.Wb

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Ganis Sanhaji, S.Si, M.Sc.
NIDN. 0402129002
FTEK UNINUS
Fakultas Teknik



UNIVERSITAS ISLAM NUSANTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Soekarno Hatta No. 530, Bandung 40286, Telp./Faks.+6222 7509656
Website:www.uninus.ac.id-email:info@uninus.ac.id

Lampiran

Daftar Mahasiswa Penelitian Tugas Akhir
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik

NO.	NIM	NAMA	ANGKATAN
1	41037002211011	Wildan Permana	2021
2	41037002211012	Silmi Nur Azmi Putri	2021
3	41037002211014	Azis Maulana	2021
4	41037002211018	Defany Kuswandi	2021
5	41037002211020	Indra Saputra	2021
6	41037002211021	Anita Ayudya Riski	2021
7	41037002211022	Muhammad Iqbal Rizaldi	2021
8	41037002211024	Ahmad Kurnia	2021
9	41037002211025	Kusnayadi	2021
10	41037002211026	Deri Bahtiar	2021
11	41037002211030	Muhamad Gias Muharom	2021

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Ganis Sanhaji, S.Si, M.Sc.
NIDN. 0402129002
FTEK UNINUS
Fakultas Teknik

Gambar L.1 Surat Permohonan Penelitian



UNIVERSITAS ISLAM NUSANTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Soekarno Hatta No. 530, Bandung 40186, Telp/Faks +6222 7509656
Website: www.uinunus.ac.id - email: fakultasteknik@uinunus@gmail.com

FORMULIR BIMBINGAN TUGAS AKHIR MAHASISWA

Nama : **Muhammd Iqbal Rizaldi**
NIM : **41037002211022**
Program Studi : **Teknik Elektro**
Pembimbing I : **Ganis Sanhaji, S.Si., M.Sc.**
Pembimbing II : **Dr. Iksal Rachman, M.T.**
Judul Tugas Akhir : **Analisis Akurasi *System Smart Hydroponics* Berbasis IoT pada UNINUS *Smart Greenhouse* Menggunakan Pendekatan Regresi Linear**

No.	Tanggal	Catatan Perbaikan	Hal/Bab	Paraf Pembimbing
1	14-04-25	Pendalaman landasan Teori	BAB I	
2	14-04-25	Penambahan frekuensi data sensor	BAB I	
3	14-04-25	Pegiatan data hasil penelitian	BAB IV	
4	14-04-25	Pengujian Statement dampak penelitian	BAB I	
5	16-04-25	Perubahan jumlah Variabel data		
6	16-04-25	Penghapusan sensor TDS		
7	16-04-25	Pendalaman data regresi linear	Bab III	
8	16-04-25	Pendalaman Pembahasan hasil penelitian	Bab IV	

Pembimbing I

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

Pembimbing II

Dr. Iksal Rachman, M.T.



UNIVERSITAS ISLAM NUSANTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Soekarno Hatta No. 530, Bandung 40286, Telp/Faks +6222 7509656
Website: www.uninus.ac.id - email: fakultasteknikuninus@gmail.com

FORMULIR BIMBINGAN TUGAS AKHIR MAHASISWA

Nama : **Muhammd Iqbal Rizaldi**
NIM : **41037002211022**
Program Studi : Teknik Elektro
Pembimbing I : Ganis Sanhaji, S.Si., M.Sc.
Pembimbing II : Dr. Iksal Rachman, M.T.
Judul Tugas Akhir : Analisis Akurasi *System Smart Hydroponics* Berbasis IoT pada UNINUS *Smart Greenhouse* Menggunakan Pendekatan Regresi Linear

No.	Tanggal	Catatan Perbaikan	Hal/Bab	Paraf Pembimbing
	18-04-25	Perbaikan penulisan gambar	BAB II	
	18-04-25	Perbaikan penulisan	BAB II	
	18-04-25	Penambahan landasan teori	BAB I	
	18-04-25	Pengelasan rumusan masalah	BAB I	
	20-04-25	Perjelas kesimpulan di Abstrak		
	20-04-25	Perbaiki angka desimal pada tabel		

Pembimbing I

Pembimbing II

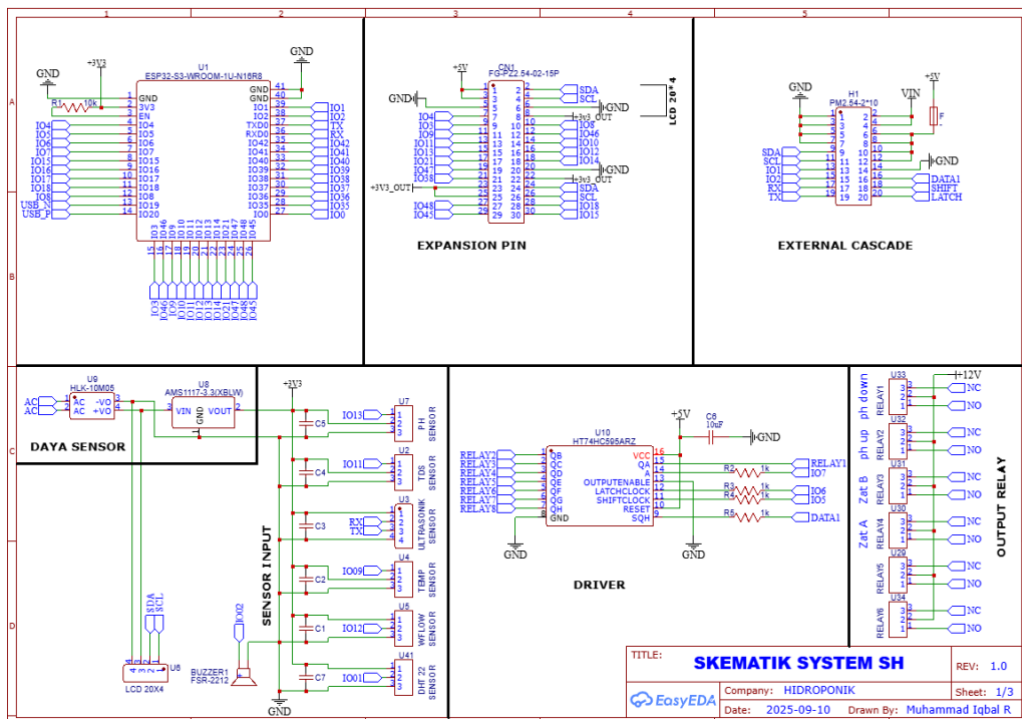
Ganis Sanhaji, S.Si., M.Sc.

Dr. Iksal Rachman, M.T.

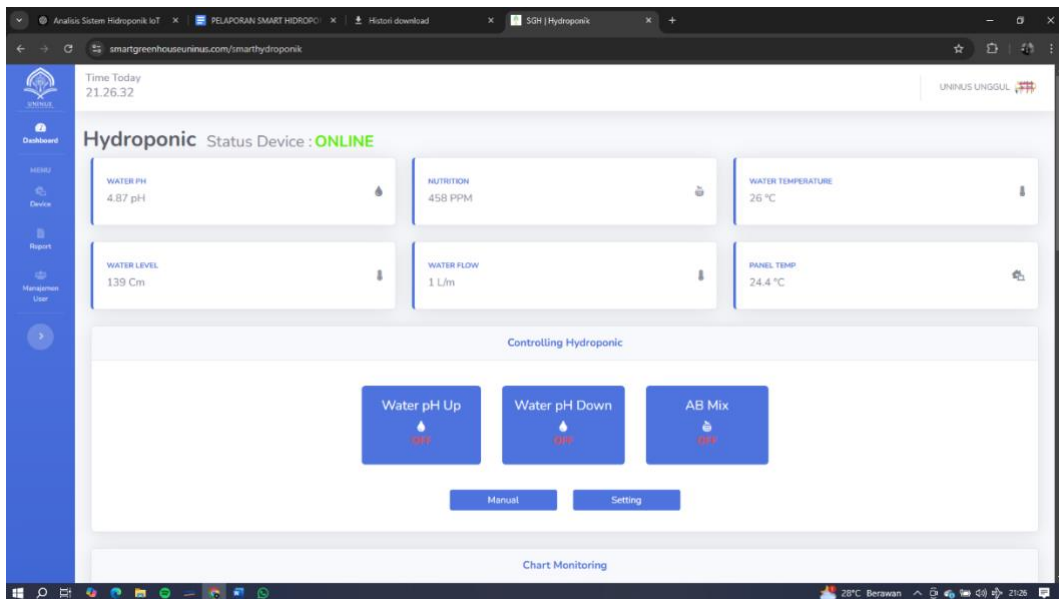
Gambar L.2 Kartu Bimbingan Tugas Akhir



Gambar L.3 Lokasi Penelitian



Gambar L.4 Skematik Rangkaian Sistem *Smart Greenhouse*



Gambar L.5 Tampilan *Website* untuk Monitoring



Gambar L.6 Alat Monitoring *Smart Greenhouse*



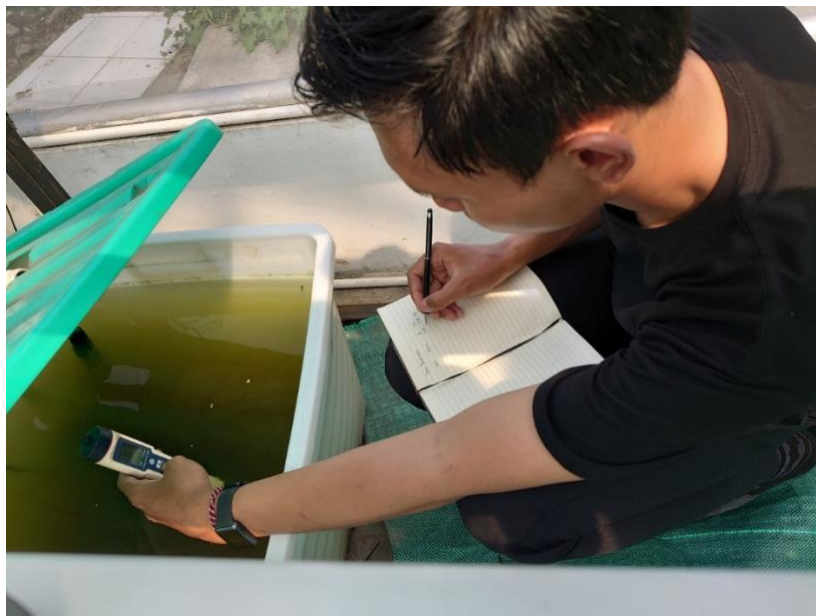
Gambar L.7 Pengkalibrasian Alat Ukur



Gambar L.8 Pengukuran Menggunakan Alat Ukur



Gambar L.9 Pengambilan Data Pembacaan Sensor



Gambar L.10 Pencatatan Pembacaan Pengukuran Alat Ukur