

**SISTEM MONITORING DAN PENGATURAN NUTRISI HIDROPONIK
MELON BERBASIS SENSOR *TOTAL DISSOLVED SOLIDS* (TDS) SERTA
PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI**

SKRIPSI

Oleh:
MUHAMMAD YOGA BINTANG PRATAMA
NIM. 210604110045



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

**SISTEM MONITORING DAN PENGATURAN NUTRISI HIDROPONIK
MELON BERBASIS SENSOR *TOTAL DISSOLVED SOLIDS* (TDS) DAN
PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI**

SKRIPSI

**Diajukan kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:
MUHAMMAD YOGA BINTANG PRATAMA
NIM. 210604110045**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

HALAMAN PERSETUJUAN

SISTEM MONITORING DAN PENGATURAN NUTRISI HIDROPONIK
MELON BERBASIS SENSOR *TOTAL DISSOLVED SOLIDS* (TDS) SERTA
PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI

SKRIPSI

Oleh:
MUHAMMAD YOGA BINTANG PRATAMA
NIM.210604110045

Telah diperiksa untuk Disetujui untuk Diuji
Pada Tanggal, 12 Juni 2025

Dosen Pembimbing I



Farid Samsu Hananto, S.Si, M.T
NIP. 197405132003121001

Dosen Pembimbing II



Ahmad Abthoki, M.Pd
NIP. 197610032003121004

Mengetahui,
Program Studi



Pr. Imam Tazi, M.Si
Nip. 197407302003121002

HALAMAN PENGESAHAN

**SISTEM MONITORING DAN PENGATURAN NUTRISI HIDROPONIK
MELON BERBASIS SENSOR *TOTAL DISSOLVED SOLIDS* (TDS) SERTA
PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI**

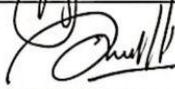
SKRIPSI

Oleh:

MUHAMMAD YOGA BINTANG PRATAMA

NIM. 210604110045

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada tanggal, 23 Juni 2025

Penguji Utama	: Dr. Imam Tazi, M.Si NIP. 197407302 003121 002	
Ketua Penguji	: Arista Romadani, M.Sc NIP. 199000905 201903 1 018	
Sekretaris Penguji	: Farid Samsu Hananto, S.Si, M.T NIP. 197405132 003121 001	
Anggota Penguji	: Ahmad Abthoki, M.Pd NIP. 197610032 003121004	

Mengesahkan,
Dewan Program Studi



Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP. 197407302 003121 002

PERNYATAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : MUHAMMAD YOGA BINTANG PRATAMA
Nim : 210604110045
Jurusan : FISIKA
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Judul Penelitian : SISTEM MONITORING DAN PENGATURAN NUTRISI HIDROPONIK MELON BERBASIS SENSOR *TOTAL DISSOLVED SOLIDS* (TDS) SERTA PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 25 Juni 2025
Yang Membuat Pernyataan



Muhammad Yoga Bintang Pratama
NIM. 210604110045

MOTTO

Bersenang-senang di dunia dan bersenang-senang juga di Akhirat

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini kupersembahkan untuk:

- Kedua orang tuaku tercinta yang pengorbanannya tak kan pernah sanggup kubalas, Bapak Yoyok Siswoko dan Ibu Nikmatun Sya'diyah
- Keluarga Cemara yang selalu menasehati, memotivasi dan mendoakan untuk segala kebaikan yang kujalani
- Semua teman terbaik dengan nama dan kisah yang selalu terkenang dalam benak dan ingatanku, Khususnya teman satu kontrakan V2 saya dan Fisika A 2021
- Almamaterku, Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya akhirnya penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi berjudul “Sistem Monitoring dan Pengaturan Nutrisi Hiddroponik Melon Berbasis Sensor Total Dissolved Solids (TDS) Serta Panel Surya Sebagai Sumber Energi ” sholat serta salam tetap tercurahkan kepada baginda tercinta Rasulullah Muhammad SAW yang telah memberikan kita jalan yang terang benderang yakni Addinul islam waliman.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada bapak Farid Samsu Hananto S.Si, M.T, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan motivasi, bimbingan serta arahan kepada penulis selama proses penyusunan proposal skripsi ini. Selain itu dukungan dari orang tua tercinta saya bapak pardi dan ibu sundari yang selalu mendo’akan setiap langkah saya serta sahabat-sahabat saya telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.

Penulis mengakui bahwa skripsi ini kurang dari cukup. Oleh karena itu, penulis dengan rendah hati meminta maaf jika ada kesalahan atau kekurangan membangun akan digunakan untuk perbaikan dimasa mendatang. Semoga Allah SWT memberikan rahmat dan hidayat kepada kita semua. Sehingga dengan penuh keremdhahan hati dan rasa hormat penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

2. Prof. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Imam Tazi, M.Si, selaku ketua Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Bapak Farid Samsu Hananto S.Si, M.T., M.Si sebagai dosen pembimbing yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan, inovasi dan meluangkan waktunya untuk membimbing penulis selama proses penyusunan skripsi.
5. Bapak Ahmad Abthoki M.Pd selaku dosen pembimbing II.
6. Kedua orang tua penulis, Bapak Yoyok Siswoko dan Ibu Nikmatun Sya'diyah yang selalu memberikan dukungan dan doa yang tidak pernah terhenti untuk penulis.
7. Teman penulis Umam dan lingga yang sudah kebersamai penulis sebelum sidang dan memberikan dukungan moril untuk penulis.
8. Serta semua pihak yang telah berkenan memberikan bantuan dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini, penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan serta kesalahan.

Malang, 25 Juni 2025
Yang Membuat Pernyataan

Muhammad Yoga Bintang
Pratama

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN	iii
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
مستخلص البحث	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA & DASAR TEORI	7
2.1 Pertanian Hidroponik.....	7
2.2 Panel surya.....	10
2.3 Pengukuran dan Peran Total Dissolved Solids (TDS) dalam Hidroponik	11
2.4 Energi Surya dalam Pertanian Hidroponik	13
2.5 Integrasi Sensor TDS dan Energi Surya dalam Sistem Hidroponik.....	14
2.6 Keuntungan dan Tantangan Implementasi Sistem Hidroponik Berbasis Sensor TDS dan Panel Surya	15
2.7 Desain Perangkat Keras dan Perangkat Lunak.....	16
2.8 Desain dan Penerapan Sistem Transmisi Data	17
2.9 Penelitian Terdahulu	18
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	20
3.2 Jenis Penelitian	20
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	20

3.3.1 Alat Penelitian	20
3.3.2 Bahan Penelitian.....	21
3.4 Diagram Penelitian	21
3.5 Prosedur Penelitian	23
3.5.1 Rancangan Alat.....	24
3.6 Tahap Pengolaan Data	24
3.6.1 Pengumpulan Data	25
3.6.2 Normalisasi Data	25
3.6.3 Analisis dan Visualisasi	25
3.6.4 Tabel Hasil Data.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Hasil Penelitian	27
4.1.1 Perancangan Alat	27
4.1.2 Perancangan Software	29
4.2 Uji Alat dan Komponen.....	32
4.2.1 Uji kesesuaian Sensor TDS.....	32
4.2.2 Metodologi Pengujian	33
4.2.3 Hasil Pengujian Validasi.....	33
4.2.4 Analisis dan Pembahasan Hasil Validasi	35
4.2.5 Pengujian Software	36
4.3 Pembahasan	38
4.4 Integrasi Penelitian Dengan Al Quran.....	42
4.4.1 Pentingnya Teknologi dalam Pertanian Berkelanjutan	42
4.4.2 Pengurangan Pemborosan Air melalui Hidroponik.....	43
4.4.3 Hidroponik sebagai Solusi Pengelolaan Tanah yang Berkelanjutan	44
4.4.5 Efisiensi Penggunaan Nutrisi dalam Hidroponik.....	45
4.4.6 Hidroponik dalam Mengurangi Kerusakan Lingkungan	45
BAB V PENUTUP.....	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	48

DAFTAR PUSTAKA 50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sensor Tds	12
Gambar 2. 2 Esp-32 Wroom	17
Gambar 3. 1 Diagram alir prosedur penelitian	22
Gambar 3. 2 Diagram Alir Perancangan Hardware	23
Gambar 3. 3 Prototipe Alat Penelitian	24
Gambar 4. 1 Rangkaian Alat	27
Gambar 4. 2 Prototipe Alat	28
Gambar 4. 3 Tampilan Thingspeak	30
Gambar 4. 4 Tampilan Thingspeak Menu Device	30
Gambar 4. 5 Tampilan My Channels	31
Gambar 4. 6 Tampilan Dashboard	31
Gambar 4. 7 Menu Otomatis Pengambilan Data	32
Gambar 4. 8 Grafik rata rata dan standart deviasi	35
Gambar 4. 9 Masukan Program IOT	36
Gambar 4. 10 Perintah Penampilan Hasil TdS	36
Gambar 4. 11 Hasil Penampilan Pada Menu Device	37
Gambar 4. 12 Tampilan Menu Pengambilan Data	38
Gambar 4. 13 Grafik perbandingan rerata pengukuran eror	41

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Tabel Pengambilan Data Sementara	26
Tabel 4 .1 Perbandingan Tds meter dan sensor Tds pada air kemasan.....	33
Tabel 4 .2 Perbandingan Tds meter dan sensor Tds pada air PAM.....	34
Tabel 4 .3 Perbandingan Tds meter dan sensor Tds pada air sumur.....	34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kodingan TDS ESP Program	54
Lampiran 2 Kodingan TDS Arduino Program.....	58
Lampiran 3 Table data hasil Tds meter.....	59
Lampiran 4 Table data hasil Tds sensor.....	59
Lampiran 5 Foto tampak dalam alat rancang.....	60
Lampiran 6 Foto tampak luar alat rancang	60
Lampiran 7 Tampilan pada software Thingspeak.....	61
Lampiran 8 Grafik Hasil Tds Meter dan Sensor Tds	62

ABSTRAK

Pratama, Muhammad Yoga Bintang. 2025. **Sistem Monitoring dan Pengaturan Nutrisi Hidroponik Melon Berbasis *Sensor Total Dissolved Solids* (TDS) Serta Panel Surya Sebagai Sumber Energi**. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Dosen Pembimbing: Farid Samsu Hananto, S.Si, M.T

Kata Kunci: Hidroponik Melon, Sensor TDS, Otomatisasi Nutrisi, Panel Surya.

Penelitian ini memfokuskan pada perancangan, implementasi, dan pengujian sistem otomatis untuk monitoring dan pengaturan nutrisi pada budidaya melon secara hidroponik, dengan integrasi cerdas antara teknologi sensor dan pemanfaatan sumber energi terbarukan. Mengingat potensi besar hidroponik untuk meningkatkan produktivitas hortikultura di Indonesia, kontrol presisi terhadap parameter larutan nutrisi menjadi krusial. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan sensor *Total Dissolved Solids* (TDS), yang secara akurat mengukur konduktivitas listrik (EC) larutan, untuk memantau konsentrasi ion-ion nutrisi dalam tandon secara *real-time*. Data TDS yang terakuisisi kemudian menjadi umpan balik vital bagi algoritma kontrol proporsional-integral (PI) yang tertanam. Algoritma ini secara otomatis mengelola aktivasi pompa dosifikasi nutrisi, memastikan kadar nutrisi dipertahankan secara dinamis pada set-point yang optimal sesuai fase pertumbuhan melon. Untuk memvalidasi kinerja dan akurasi sistem, serangkaian eksperimen ekstensif telah dilakukan dengan menetapkan set-point konsentrasi nutrisi pada tiga tingkatan spesifik: 500 ppm, 800 ppm, dan 1000 ppm. Pemilihan nilai-nilai ini didasarkan pada kebutuhan nutrisi spesifik melon dari tahap vegetatif awal hingga fase generatif dan pematangan. Pengambilan data dilakukan secara berulang pada setiap set-point untuk menganalisis stabilitas sistem dalam menjaga konsentrasi nutrisi, respons terhadap fluktuasi, serta deviasi minimal dari nilai target. Inovasi fundamental dari sistem ini terletak pada kemandirian energi total yang dicapai melalui integrasi panel surya sebagai sumber daya utama. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya disimpan dalam sistem baterai, yang kemudian menyuplai daya untuk seluruh komponen elektronik. Pemanfaatan energi surya ini tidak hanya signifikan dalam mengurangi biaya operasional dan ketergantungan pada jaringan listrik konvensional, tetapi juga mendukung konsep pertanian berkelanjutan dan memungkinkan implementasi sistem ini di daerah-daerah terpencil di Indonesia. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe sistem berhasil memonitor dan menjaga konsentrasi TDS larutan nutrisi pada set-point 500 ppm, 800 ppm, dan 1000 ppm dengan tingkat akurasi dan stabilitas yang tinggi, serta menunjukkan respons yang cepat dan efisien terhadap perubahan kondisi. Sistem ini menawarkan solusi yang inovatif, efisien, dan ramah lingkungan untuk manajemen nutrisi hidroponik melon, berkontribusi pada peningkatan produktivitas pertanian presisi di Indonesia.

ABSTRACT

Pratama, Muhammad Yoga Bintang. 2025. **Melon Hydroponic Nutrient Monitoring and Regulation System Based on Total Dissolved Solids (TDS) Sensor and Solar Panel as an Energy Source**. Undergraduate Thesis. Faculty of Science and Technology, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisor: Farid Samsu Hananto, S.Si, M.T

Keywords: Hydroponic Melon, TDS Sensor, Nutrient Automation, Solar Panel, Precision Agriculture.

This research focuses on the design, implementation, and testing of an automated system for monitoring and regulating nutrient solutions in hydroponic melon cultivation, through the intelligent integration of sensor technology and the utilization of renewable energy sources. Given the significant potential of hydroponics to enhance horticultural productivity in Indonesia, precise control over nutrient solution parameters is crucial. The developed system employs a Total Dissolved Solids (TDS) sensor, which accurately measures the electrical conductivity (EC) of the solution, to continuously monitor the concentration of nutrient ions in the reservoir in real-time. The acquired TDS data serves as vital feedback for the embedded proportional-integral (PI) control algorithm. This algorithm automatically manages the activation of nutrient dosing pumps, ensuring that nutrient levels are dynamically maintained at optimal set-points tailored to the specific growth phases of the melon. To validate the system's performance and accuracy, a series of extensive experiments were conducted by setting nutrient concentration set-points at three specific levels: 500 ppm, 800 ppm, and 1000 ppm. These values were chosen based on the specific nutrient requirements of melons from the early vegetative stage through the generative and ripening phases. Data acquisition was performed iteratively at each set-point to analyze the system's stability in maintaining nutrient concentrations, its response to fluctuations, and minimal deviation from the target values. A fundamental innovation of this system lies in its total energy independence, achieved through the integration of a solar photovoltaic panel as the primary power source. The electricity generated by the solar panel is stored in a battery system, which then supplies power to all electronic components, including the microcontroller unit (Arduino), various sensors, pump actuation modules, and wireless communication modules (ESP8266) for remote monitoring. The utilization of solar energy is not only significant in reducing operational costs and dependence on conventional electricity grids but also supports the concept of sustainable agriculture and enables the implementation of this system in remote areas across Indonesia. The test results indicate that the prototype system successfully monitors and maintains TDS concentrations of the nutrient solution at 500 ppm, 800 ppm, and 1000 ppm set-points with high accuracy and stability, demonstrating a fast and efficient response to changing conditions. This system offers an innovative, efficient, and environmentally friendly solution for hydroponic melon nutrient management, contributing to increased precision agriculture productivity in Indonesia.

مستخلص البحث

بِإِتْمَانًا، مُحَمَّدٌ يُوعَا بِنَتَائِجِ 2025. نِظَامُ مُرَاقِبَةٍ وَتَنْظِيمِ مُغَذِّياتِ زَرَاةِ البَطِيخِ المَائِي (الهِيدْرُوبُونِيك) المُرْتَكِزَ عَلى وَكَذَلِكَ الأَلْوَا حِ الشَّمْسِيَّةِ كَمَصْدَرٍ لِلطَّاقَةِ. كَلِيَّةُ العُلُومِ وَالتَّكْنُولُوجِيَا، (TDS) حَسَّاسِ إِجْمَالِيِ المَوَادِّ الصُّلْبَةِ الدَّائِنَةِ الجَامِعَةِ مَوْلَانَا مَالِكِ إِبرَاهِيمِ الإِسْلَامِيَّةِ الحُكُومِيَّةِ مَالانِج. المَشْرَف: فَرِيدُ شَمْسُو حَنَانْتُو

الكلمات المفتاحية: بطيخ هيدروبولونيكي، مستشعر TDS، أتمتة المغذيات، الألواح الشمسية، الزراعة الدقيقة.

يركز هذا البحث على تصميم وتطبيق واختبار نظام آلي لمراقبة وتنظيم المغذيات في زراعة البطيخ المائي (الهيدروبولونيكي)، وذلك من خلال الدمج الذكي بين تقنية الاستشعار والاستفادة من مصادر الطاقة المتجددة. بالنظر إلى الإمكانيات الكبيرة للزراعة المائية في زيادة الإنتاجية البناتانية في إندونيسيا، يصبح التحكم الدقيق في معلمات محلول المغذيات أمرًا بالغ الأهمية. يستخدم النظام المطور مستشعر إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS)، الذي يقيس بدقة الموصلية الكهربائية (EC) للمحلول، لمراقبة تركيز أيونات المغذيات في الخزان بشكل مستمر وفي الوقت الفعلي. تُصبح بيانات TDS المكتسبة بعد ذلك بمثابة تغذية راجعة حيوية لخوارزمية التحكم التناسبي-التكاملي (PI) المدمجة. تدير هذه الخوارزمية تلقائيًا تنشيط مضخات جرعات المغذيات، مما يضمن الحفاظ على مستويات المغذيات ديناميكيًا عند نقاط الضبط المثلى وفقًا لمراحل نمو البطيخ للتحقق من أداء النظام ودقته، تم إجراء سلسلة من التجارب المكثفة من خلال تحديد نقاط ضبط تركيز المغذيات عند ثلاثة مستويات محددة 500 جزء في المليون (ppm) و 800 جزء في المليون و 1000 جزء في المليون. استند اختيار هذه القيم إلى المتطلبات الغذائية المحددة للبطيخ من مرحلة النمو الخضري المبكرة وحتى مراحل الإزهار والنضج. تم جمع البيانات بشكل متكرر عند كل نقطة ضبط لتحليل استقرار النظام في الحفاظ على تركيز المغذيات، واستجابته للتقلبات، والحد الأدنى من الانحراف عن القيم المستهدفة. يكمن الابتكار الأساسي لهذا النظام في الاستقلالية الكاملة في الطاقة التي تم تحقيقها من خلال دمج الألواح الشمسية الكهروضوئية كمصدر رئيسي للطاقة. يتم تخزين الطاقة الكهربائية الناتجة عن الألواح الشمسية في نظام بطارية، والذي يقوم بعد ذلك بتزويد الطاقة لجميع المكونات الإلكترونية. لا يساهم استخدام الطاقة الشمسية بشكل كبير في تقليل تكاليف التشغيل والاعتماد على شبكات الكهرباء التقليدية فحسب، بل يدعم أيضًا مفهوم الزراعة المستدامة ويسمح بتطبيق هذا النظام في المناطق النائية في إندونيسيا. تُظهر نتائج الاختبار أن النموذج الأولي للنظام نجح في مراقبة والحفاظ على تركيز TDS لمحلول المغذيات عند نقاط الضبط 500 ppm و 800 ppm و 1000 ppm بمستوى عالٍ من الدقة والاستقرار، كما أظهر استجابة سريعة وفعالة للتغيرات في الظروف. يقدم هذا النظام حلاً مبتكرًا وفعالًا وصديقًا للبيئة لإدارة مغذيات البطيخ الهيدروبولونيكي، مما يساهم في زيادة إنتاجية الزراعة الدقيقة في إندونيسيا.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hidroponik telah menjadi salah satu metode budidaya tanaman yang semakin diminati di era modern ini. Metode ini memungkinkan tanaman tumbuh tanpa menggunakan tanah sebagai media tanam, melainkan dengan larutan nutrisi yang mengandung unsur hara esensial. Hidroponik menawarkan sejumlah keunggulan, seperti efisiensi penggunaan air dan nutrisi, pengurangan kebutuhan lahan, serta kemampuan untuk menghasilkan tanaman dengan kualitas tinggi. Namun, di balik berbagai kelebihan tersebut, penerapan sistem hidroponik konvensional masih menghadapi beberapa tantangan, terutama dalam hal pemantauan dan pengelolaan nutrisi.

Pada sistem hidroponik tradisional, banyak petani yang masih menggunakan metode manual untuk memonitor kadar nutrisi dalam larutan. Pengukuran dilakukan secara berkala menggunakan alat sederhana, sedangkan pemberian larutan nutrisi sering kali dilakukan berdasarkan estimasi. Cara ini tidak hanya memakan waktu dan tenaga, tetapi juga berisiko menyebabkan ketidakseimbangan nutrisi. Ketidaktepatan ini dapat berdampak buruk pada pertumbuhan tanaman, seperti stres akibat kekurangan atau kelebihan nutrisi. Pada tanaman seperti melon, yang memerlukan tingkat nutrisi yang stabil dan presisi untuk menghasilkan buah berkualitas, masalah ini menjadi semakin signifikan.

Selain itu, sistem manual cenderung kurang efisien ketika diterapkan pada skala besar. Petani memerlukan upaya ekstra untuk memantau dan mengatur nutrisi, yang sering kali membutuhkan tenaga kerja tambahan. Hal ini tidak hanya meningkatkan biaya operasional tetapi juga membuka peluang terjadinya kesalahan manusia. Tantangan ini menjadi penghambat utama dalam upaya meningkatkan produktivitas dan efisiensi pada budidaya tanaman hidroponik, terutama di daerah-daerah dengan keterbatasan sumber daya manusia.

Sebagaimana di jelaskan pada Surah Al-Mulk Ayat 15

هُوَ الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ ذُلُولًا فَامْشُوا فِي مَنَاكِبِهَا وَكُلُوا مِنْ رِزْقِهَا وَإِلَيْهَا النُّشُورُ

“Dialah yang menjadikan bumi untuk kamu dalam keadaan mudah dimanfaatkan. Maka, jelajahilah segala penjurunya dan makanlah sebagian dari rezeki-Nya. Hanya kepada-Nya kamu (kembali setelah) dibangkitkan.”

Motivasi utama dari penelitian ini adalah untuk mengatasi kendala tersebut melalui pengembangan sistem monitoring dan pengaturan nutrisi otomatis. Sistem ini akan berbasis sensor Total Dissolved Solids (TDS), yang mampu memantau konsentrasi nutrisi dalam larutan secara real-time dengan tingkat akurasi tinggi. Sensor TDS dapat memberikan data yang presisi tentang kadar larutan nutrisi, sehingga petani dapat memastikan bahwa tanaman mendapatkan asupan yang sesuai dengan kebutuhannya. Sistem otomatis ini juga akan mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual, meningkatkan efisiensi waktu, dan mengoptimalkan hasil panen.

Tidak hanya fokus pada aspek otomatisasi, penelitian ini juga mengintegrasikan panel surya sebagai sumber energi utama dalam sistem

hidroponik. Panel surya menawarkan solusi energi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, terutama di daerah-daerah terpencil yang memiliki akses terbatas terhadap listrik. Energi matahari yang melimpah di banyak wilayah Indonesia dapat dimanfaatkan untuk mendukung operasional sistem hidroponik secara mandiri, mengurangi biaya listrik, dan sekaligus mendukung keberlanjutan lingkungan. Dengan memanfaatkan panel surya, sistem hidroponik tidak hanya efisien tetapi juga lebih ekonomis dan ramah lingkungan.

Penggunaan panel surya dalam sistem hidroponik melon memberikan beberapa keuntungan strategis. Pertama, energi terbarukan ini mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang cenderung mahal dan tidak ramah lingkungan. Kedua, panel surya memungkinkan sistem beroperasi secara mandiri bahkan di daerah dengan pasokan listrik yang tidak stabil. Ketiga, integrasi ini mendukung inisiatif global untuk mengurangi emisi karbon dan menciptakan praktik pertanian yang lebih berkelanjutan.

Melon adalah salah satu tanaman hortikultura bernilai tinggi yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan secara hidroponik. Tanaman ini dikenal dengan permintaan pasar yang tinggi, baik untuk konsumsi lokal maupun ekspor. Namun, budidaya melon memerlukan perhatian khusus terhadap kondisi lingkungan dan nutrisinya. Ketidaktepatan dalam pengelolaan nutrisi dapat berdampak pada kualitas buah, yang pada akhirnya memengaruhi nilai ekonomi hasil panen. Oleh karena itu, sistem otomatis yang mampu memantau dan mengatur nutrisi dengan presisi menjadi kebutuhan mendesak untuk mendukung produktivitas budidaya melon.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa integrasi teknologi modern, seperti sensor TDS, Internet of Things (IoT), dan panel surya, telah memberikan hasil yang menjanjikan dalam pengelolaan sistem hidroponik. Sipayung et al. (2020) mengembangkan sistem monitoring berbasis kontrol PID yang mampu mengurangi error steady state hingga 0,3%. Di sisi lain, Maulana (2023) memanfaatkan teknologi IoT untuk pemantauan real-time, meskipun fokusnya lebih pada pengukuran pH. Aswanda (2023) berhasil memadukan panel surya dengan sensor TDS untuk memantau nutrisi dan suhu secara real-time dengan akurasi tinggi. Hasil-hasil tersebut menunjukkan potensi besar untuk mengintegrasikan berbagai teknologi dalam satu sistem yang efisien.

Namun, meskipun berbagai penelitian telah dilakukan, belum banyak yang secara spesifik menggabungkan sensor TDS, panel surya, dan sistem otomatis untuk budidaya melon. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan merancang sistem monitoring dan pengaturan nutrisi yang terintegrasi dan berkelanjutan. Dengan menggabungkan teknologi-teknologi ini, sistem yang dihasilkan diharapkan mampu meningkatkan efisiensi energi, produktivitas tanaman, dan keberlanjutan lingkungan.

Dengan latar belakang ini, memiliki tujuan untuk menciptakan solusi inovatif yang dapat menjawab berbagai tantangan dalam budidaya hidroponik modern. Sistem ini diharapkan tidak hanya memberikan manfaat ekonomi tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan melalui pemanfaatan energi terbarukan dan teknologi otomatisasi yang canggih.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana rancangan sistem monitoring yang efektif untuk pengaturan nutrisi tanaman melon menggunakan sensor Total Dissolved Solids (TDS)?
2. Bagaimana efektivitas penggunaan sensor TDS terhadap pengelolaan larutan nutrisi dan pertumbuhan tanaman melon dalam sistem hidroponik?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Merancang sistem monitoring dan pengaturan nutrisi yang berbasis sensor TDS untuk mengontrol kadar nutrisi yang tepat dalam larutan hidroponik untuk tanaman melon.
2. Menganalisis pengaruh penggunaan sensor TDS terhadap pertumbuhan tanaman melon dalam sistem hidroponik, khususnya dalam pengelolaan kualitas larutan nutrisi.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat umum
 - a. Bagi Pengembangan Ilmu Pengetahuan Menambah wawasan dan pengetahuan dalam bidang pertanian hidroponik dan penggunaan teknologi terbarukan, serta memperkaya kajian tentang integrasi sistem otomatisasi dan energi surya dalam pertanian.
 - b. Bagi Lingkungan Mendorong penggunaan energi terbarukan (energi surya) yang ramah lingkungan, sehingga dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan akibat penggunaan energi fosil dalam sistem pertanian.

- c. Bagi Peningkatan Ketahanan Pangan Memperkenalkan alternatif solusi pertanian yang lebih efisien dan berkelanjutan, yang dapat membantu meningkatkan ketahanan pangan lokal dengan memanfaatkan teknologi modern dalam budidaya tanaman di lahan terbatas.

2. Manfaat Umum

- a. Bagi Pengembangan Ilmu Pengetahuan Menambah wawasan dan pengetahuan dalam bidang pertanian hidroponik dan penggunaan teknologi terbarukan, serta memperkaya kajian tentang integrasi sistem otomatisasi dan energi surya dalam pertanian.
- b. Bagi Lingkungan Mendorong penggunaan energi terbarukan (energi surya) yang ramah lingkungan, sehingga dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan akibat penggunaan energi fosil dalam sistem pertanian.
- c. Bagi Peningkatan Ketahanan Pangan Memperkenalkan alternatif solusi pertanian yang lebih efisien dan berkelanjutan, yang dapat membantu meningkatkan ketahanan pangan lokal dengan memanfaatkan teknologi modern dalam budidaya tanaman di lahan terbatas.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA & DASAR TEORI

2.1 Pertanian Hidroponik

Pertanian hidroponik adalah metode bertani yang menggunakan air yang diperkaya dengan larutan nutrisi sebagai pengganti tanah. Dalam sistem ini, tanaman dapat tumbuh dengan baik meskipun tanpa tanah, karena unsur hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhannya diberikan langsung melalui larutan yang mengandung berbagai elemen penting. Resh (2013) menjelaskan bahwa hidroponik tidak hanya menghemat penggunaan air, tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaan lahan, menjadikannya alternatif yang efisien di area dengan keterbatasan ruang atau lahan subur.

Q.S. Ar-Rum (30:37):

وَفِي السَّمَاءِ رِزْقُكُمْ وَمَا تُوعَدُونَ

“Dan apakah mereka tidak melihat bahwa Kami telah menjadikan bumi itu sebagai tempat menetap bagi mereka dan Kami jadikan di atasnya gunung-gunung yang kokoh, dan Kami tumbuhkan di atasnya berbagai macam tanaman yang subur.”

Metode hidroponik memiliki berbagai jenis sistem yang dapat disesuaikan dengan kondisi lingkungan dan jenis tanaman yang akan dibudidayakan. Beberapa sistem yang umum digunakan antara lain sistem rakit apung, wick system, dan sistem irigasi tetes. Setiap sistem ini memiliki karakteristik dan keunggulan masing-masing dalam hal distribusi air dan nutrisi kepada tanaman (Kozai, 2013). Dalam sistem hidroponik, pemberian nutrisi yang tepat dan pemantauan kondisi tanaman sangat penting untuk mendukung pertumbuhannya.

Salah satu tanaman yang banyak dibudidayakan dengan metode hidroponik adalah melon. Tanaman melon membutuhkan kontrol yang sangat baik terhadap nutrisi dan kadar air, agar dapat menghasilkan buah yang berkualitas. Penggunaan sistem hidroponik memungkinkan pengelolaan nutrisi yang lebih akurat dan konsisten, yang pada akhirnya akan menghasilkan tanaman melon dengan hasil yang lebih maksimal.

Q.S An An'am : 141

وَهُوَ الَّذِي أَنشَأَ جَنَّاتٍ مَّعْرُوشَاتٍ وَغَيْرَ مَعْرُوشَاتٍ وَالنَّخْلَ وَالزَّرْعَ مُخْتَلِفًا أَكْثُهُ وَالزَّيْتُونَ
وَالرُّمَّانَ مُتَشَابِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ كُلُوا مِنْ ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَآتُوا حَقَّهُ يَوْمَ حَصَادِهِ وَلَا تُسْرِفُوا إِنَّهُ
لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ

“Dialah yang menumbuhkan tanaman-tanaman yang merambat dan yang tidak merambat, pohon kurma, tanaman yang beraneka ragam rasanya, serta zaitun dan delima yang serupa (bentuk dan warnanya) dan tidak serupa (rasanya). Makanlah buahnya apabila ia berbuah dan berikanlah haknya (zakatnya) pada waktu memetik hasilnya. Akan tetapi, janganlah berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berlebih-lebihan”.

Namun, tantangan terbesar dalam hidroponik adalah pengaturan kadar nutrisi yang tepat. Kadar nutrisi yang berlebihan atau kurang dapat mempengaruhi kesehatan tanaman dan kualitas hasil yang diperoleh. Oleh karena itu, pengukuran dan pengelolaan Total Dissolved Solids (TDS) dalam larutan nutrisi menjadi kunci untuk menjaga tanaman tetap tumbuh optimal.

Hidroponik menawarkan potensi besar dalam meningkatkan ketahanan pangan dengan cara yang ramah lingkungan dan efisien. Dengan teknologi yang terus berkembang, pertanian hidroponik berpotensi menjadi solusi bagi tantangan pertanian masa depan, terutama di kawasan perkotaan atau daerah yang kekurangan lahan pertanian subur.

Kebutuhan akan teknologi pertanian yang efisien dan berkelanjutan semakin mendesak di tengah meningkatnya populasi dunia dan keterbatasan lahan pertanian konvensional. Menurut data Organisasi Pangan dan Pertanian Dunia (FAO), jumlah lahan pertanian produktif terus berkurang, sementara permintaan akan pangan terus meningkat sekitar 70% pada tahun 2050. Permasalahan ini memerlukan pendekatan inovatif dalam menghasilkan pangan yang memaksimalkan produktivitas lahan yang terbatas. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah hidroponik, yaitu metode penanaman yang menggunakan air sebagai media tanam utama tanpa membutuhkan tanah, serta memungkinkan pemantauan dan pengaturan nutrisi yang lebih presisi (Carmi et al., 2020; Parvez et al., 2019).

Hidroponik telah terbukti menjadi metode yang efektif untuk budidaya berbagai jenis tanaman, termasuk sayuran dan buah-buahan. Salah satu keunggulan utama dari sistem ini adalah kemampuannya untuk menggunakan air secara efisien, di mana kebutuhan air dapat ditekan hingga 90% dibandingkan metode tanam konvensional. Hal ini terjadi karena air dalam sistem hidroponik dapat didaur ulang dalam satu sistem tertutup, sehingga sangat ideal untuk diterapkan di daerah dengan keterbatasan sumber daya air. Dalam konteks tanaman melon, hidroponik menjadi

pilihan menarik karena tanaman ini memerlukan jumlah air dan nutrisi yang tinggi serta pemantauan ketat terhadap konsentrasi nutrisi (Grewal et al., 2011).

2.2 Panel surya

Penggunaan panel surya dalam sistem hidroponik berbasis IoT memungkinkan sistem ini beroperasi secara mandiri tanpa ketergantungan pada jaringan listrik utama. Panel surya, sebagai salah satu sumber energi terbarukan yang paling ramah lingkungan, mampu menyuplai daya listrik untuk sistem hidroponik, yang meliputi sensor, pompa, dan perangkat IoT yang terhubung. Teknologi panel surya telah menunjukkan efisiensi yang tinggi, dan dalam kondisi sinar matahari yang optimal, sistem ini dapat berjalan secara berkelanjutan tanpa memerlukan daya tambahan dari listrik konvensional (Ahmed et al., 2017).

Ramírez et al. (2021) menekankan bahwa penggunaan panel surya dalam sistem pertanian modern berpotensi mengurangi emisi karbon, sekaligus memberikan efisiensi biaya jangka panjang bagi pengguna. Dalam jangka pendek, investasi awal untuk panel surya mungkin tampak mahal, tetapi manfaat jangka panjang dari pengurangan biaya operasional dan ketergantungan energi membuatnya menjadi solusi yang menarik bagi petani yang ingin mengoptimalkan budidaya tanaman hidroponik di daerah terpencil atau lokasi tanpa akses listrik konvensional. Studi Lee et al. (2020) juga menunjukkan bahwa panel surya yang terintegrasi dengan sistem IoT memungkinkan sistem ini berfungsi secara efisien tanpa gangguan dan memberikan manfaat lingkungan yang signifikan.

Dengan menggabungkan sensor TDS, IoT, dan panel surya dalam satu sistem hidroponik yang terpadu, penelitian ini berpotensi memberikan solusi bagi

berbagai tantangan dalam budidaya tanaman melon. Teknologi ini tidak hanya menawarkan cara yang efisien untuk memantau dan mengatur konsentrasi nutrisi, tetapi juga menyediakan solusi energi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Dengan integrasi IoT, sistem hidroponik dapat memberikan data yang konsisten dan real-time, yang memungkinkan pengguna untuk memaksimalkan efisiensi pertanian dan meningkatkan kualitas hasil tanaman.

2.3 Pengukuran dan Peran Total Dissolved Solids (TDS) dalam Hidroponik

Total Dissolved Solids (TDS) adalah parameter yang digunakan untuk mengukur jumlah total zat terlarut dalam larutan yang penting bagi pertumbuhan tanaman dalam sistem hidroponik. TDS sering kali diukur dengan menggunakan alat pengukur konduktivitas, yang bekerja berdasarkan kemampuan larutan untuk menghantarkan arus listrik. Semakin banyak zat terlarut dalam air, semakin tinggi konduktivitasnya, yang menunjukkan bahwa kadar TDS juga tinggi (Choi et al., 2014).

Pengukuran TDS dalam hidroponik sangat krusial karena berhubungan langsung dengan ketersediaan unsur hara dalam larutan nutrisi. Jika kadar TDS terlalu rendah, tanaman mungkin tidak mendapatkan cukup nutrisi yang mereka butuhkan, sedangkan jika kadar TDS terlalu tinggi, tanaman bisa mengalami stres osmotik dan kesulitan menyerap air. Oleh karena itu, pengukuran dan pengendalian kadar TDS harus dilakukan secara teratur untuk memastikan bahwa tanaman mendapatkan nutrisi yang tepat dalam jumlah yang sesuai.

Sensor TDS adalah alat yang digunakan untuk memantau konsentrasi total padatan terlarut dalam larutan nutrisi. Sensor ini memberikan pembacaan yang real-

time, memungkinkan pengelola sistem hidroponik untuk melakukan tindakan cepat jika terjadi ketidaksesuaian dalam kadar TDS. Menurut Andrade et al. (2016), penggunaan sensor TDS yang terintegrasi dengan sistem otomatis dapat mempermudah pemantauan dan pengaturan nutrisi, mengurangi ketergantungan pada pengukuran manual, serta meningkatkan efisiensi operasional.

Sistem yang terintegrasi dengan sensor TDS tidak hanya mengukur konsentrasi nutrisi tetapi juga dapat mengatur aliran air dan nutrisi secara otomatis. Sistem otomatis ini bekerja dengan mengaktifkan pompa atau katup yang mengontrol aliran larutan nutrisi berdasarkan pembacaan sensor. Hal ini memungkinkan pengaturan nutrisi yang lebih presisi dan mengurangi risiko kesalahan manusia dalam proses pemberian nutrisi (Hernandez et al., 2018).

Secara keseluruhan, pengukuran dan pengaturan TDS yang tepat adalah elemen penting dalam menjaga keseimbangan nutrisi tanaman dalam sistem hidroponik. Dengan memanfaatkan sensor TDS, pengelola sistem hidroponik dapat memonitor kondisi larutan dengan lebih mudah dan memastikan tanaman tumbuh dengan optimal.



Gambar 2. 1 Sensor Tds

2.4 Energi Surya dalam Pertanian Hidroponik

Energi surya semakin diakui sebagai sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan dapat diandalkan, khususnya dalam sektor pertanian. Panel surya mengubah energi matahari menjadi energi listrik yang bisa digunakan untuk memenuhi kebutuhan operasional dalam sistem hidroponik. Roh et al. (2019) mengungkapkan bahwa panel surya menjadi pilihan yang efisien untuk mendukung sistem pertanian di daerah-daerah yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik konvensional.

Dalam sistem hidroponik, energi surya digunakan untuk menjalankan berbagai perangkat seperti pompa air, sistem sensor, dan lampu tumbuh. Keuntungan utama dari penggunaan energi surya adalah bahwa sumber daya ini dapat diperoleh secara gratis dan terbarukan, yang membantu mengurangi biaya operasional jangka panjang. Selain itu, penggunaan energi surya dapat mengurangi jejak karbon dari sistem pertanian, menjadikannya lebih ramah lingkungan (Nasruddin et al., 2018).

Panel surya juga dapat memberikan fleksibilitas bagi para petani, terutama di lokasi yang sulit dijangkau atau di daerah-daerah yang tidak memiliki akses listrik yang memadai. Dengan menggunakan panel surya, sistem hidroponik dapat beroperasi secara mandiri tanpa bergantung pada pasokan energi dari luar, yang sangat menguntungkan bagi petani di daerah pedesaan atau daerah tropis yang memiliki sinar matahari melimpah (Yang et al., 2016).

Namun, penggunaan panel surya dalam pertanian hidroponik juga menghadapi tantangan, seperti ketergantungan pada cuaca. Efisiensi panel surya sangat bergantung pada intensitas cahaya matahari, yang dapat bervariasi berdasarkan

lokasi dan musim. Untuk mengatasi masalah ini, penggunaan sistem penyimpanan energi, seperti baterai, diperlukan untuk menyimpan energi yang dihasilkan pada siang hari dan menggunakannya pada malam hari atau saat cuaca mendung.

Meskipun demikian, teknologi panel surya yang semakin efisien dan biaya yang terus menurun menjadikan solusi ini semakin layak diterapkan dalam sistem pertanian hidroponik, terutama di daerah-daerah dengan intensitas cahaya matahari yang cukup tinggi.

2.5 Integrasi Sensor TDS dan Energi Surya dalam Sistem Hidroponik

Penggabungan sensor TDS dan panel surya dalam satu sistem hidroponik otomatis memberikan banyak manfaat bagi petani atau pengelola hidroponik. Kombinasi ini memungkinkan pemantauan dan pengaturan nutrisi secara otomatis, tanpa ketergantungan pada tenaga kerja manusia. Panel surya menyediakan energi untuk menjalankan sistem ini, sehingga seluruh operasi dapat berjalan secara mandiri tanpa harus bergantung pada sumber daya energi eksternal.

Integrasi sensor TDS dengan sistem pengaturan nutrisi memungkinkan pembacaan yang lebih cepat dan akurat terkait dengan kondisi larutan yang ada. Sensor TDS mengukur konsentrasi ion dalam larutan, sementara sistem otomatis dapat menyesuaikan kadar nutrisi dengan cepat untuk memastikan keseimbangan yang tepat. Ini penting dalam memastikan bahwa tanaman mendapatkan nutrisi yang sesuai tanpa pemborosan atau kekurangan (Khan et al., 2020).

Selain itu, penggunaan energi surya untuk menggerakkan seluruh sistem mengurangi biaya operasional dan meningkatkan keberlanjutan. Sistem yang

digerakkan oleh energi terbarukan ini tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil yang lebih mahal dan terbatas (Li et al., 2017). Hal ini menjadikan sistem hidroponik berbasis energi surya dan sensor TDS sebagai pilihan yang sangat baik untuk mengatasi tantangan ketahanan pangan secara berkelanjutan.

Namun, penggabungan kedua teknologi ini juga menghadapi beberapa tantangan, seperti kebutuhan investasi awal yang cukup besar dan ketergantungan pada cuaca. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengembangkan solusi yang lebih efisien dan terjangkau, serta meningkatkan daya tahan sistem ini dalam berbagai kondisi (Fischer et al., 2018).

Secara keseluruhan, sistem hidroponik yang mengintegrasikan sensor TDS dan energi surya menawarkan solusi yang efektif dan efisien dalam meningkatkan produktivitas pertanian, terutama dalam konteks keberlanjutan dan pengurangan dampak lingkungan.

2.6 Keuntungan dan Tantangan Implementasi Sistem Hidroponik Berbasis

Sensor TDS dan Panel Surya

Keuntungan utama dari sistem hidroponik berbasis sensor TDS dan panel surya adalah kemampuannya untuk beroperasi secara mandiri dan efisien. Dengan menggunakan energi surya, sistem ini mengurangi ketergantungan pada energi eksternal, sekaligus mengurangi biaya operasional. Di sisi lain, penggunaan sensor TDS yang canggih memungkinkan pemantauan kondisi larutan secara real-time, sehingga pengelolaan nutrisi menjadi lebih tepat dan terkontrol.

Namun, tantangan terbesar dari penerapan sistem ini adalah kebutuhan akan biaya awal yang tinggi untuk membeli dan memasang peralatan seperti panel surya, sensor TDS, dan sistem otomatisasi lainnya. Selain itu, ketergantungan pada intensitas cahaya matahari sebagai sumber utama energi surya dapat memengaruhi kinerja sistem di daerah dengan cuaca yang tidak menentu.

Meskipun demikian, dengan berkembangnya teknologi energi terbarukan dan sensor yang lebih efisien, biaya awal untuk memasang sistem seperti ini dapat turun seiring waktu. Penggunaan sistem ini dalam skala besar juga berpotensi menurunkan harga peralatan dan mempercepat adopsi teknologi ini di sektor pertanian (Roh et al., 2019).

Keuntungan jangka panjang dari penerapan sistem ini adalah efisiensi yang lebih tinggi dalam penggunaan sumber daya alam dan pengurangan dampak lingkungan. Dengan memanfaatkan teknologi terbaru, pertanian hidroponik dapat menjadi lebih berkelanjutan dan lebih produktif dalam memenuhi kebutuhan pangan global di masa depan (Khan et al., 2020).

Secara keseluruhan, penerapan sistem hidroponik berbasis sensor TDS dan energi surya menawarkan solusi yang menjanjikan bagi pertanian modern, meskipun masih menghadapi beberapa tantangan yang perlu diatasi melalui penelitian dan inovasi teknologi lebih lanjut.

2.7 Desain Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Tahap pertama dalam metodologi ini adalah desain perangkat keras dan perangkat lunak yang menjadi inti dari sistem pemantauan kualitas air. Pada tahap

ini, perangkat keras yang digunakan termasuk sensor pH, sensor TDS, sensor suhu, dan sensor kekeruhan. Sensor-sensor ini dirancang untuk mengukur parameter kualitas air secara langsung dari sumber air yang dipantau, baik itu sungai, danau, atau sistem saluran air lainnya. Sensor-sensor tersebut kemudian dihubungkan dengan microcontroller, yang berfungsi sebagai pusat pengumpulan data dan pengolah informasi. Salah satu pilihan microcontroller yang digunakan dalam penelitian ini adalah NodeMCU ESP8266 atau ESP32 yang memiliki kemampuan konektivitas Wi-Fi, sehingga data dapat ditransmisikan ke cloud untuk pemantauan jarak jauh. Selain itu, perangkat lunak pada tahap ini juga dikembangkan untuk mendukung pengumpulan data, penyimpanan, serta pengiriman data secara otomatis. Perangkat lunak ini dirancang untuk memungkinkan pemantauan berkelanjutan dengan protokol tertentu, sehingga pengumpulan data dapat berjalan secara konsisten dan dapat diakses dalam bentuk yang mudah dipahami oleh pengguna. Penggunaan perangkat lunak yang berintegrasi dengan IoT membuat sistem pemantauan ini menjadi lebih fleksibel, karena pengguna dapat memantau data kualitas air melalui aplikasi atau platform cloud kapan saja dan di mana saja.



Gambar 2. 2 Esp-32 Wroom

2.8 Desain dan Penerapan Sistem Transmisi Data

Tahap akhir dalam metodologi ini adalah desain dan penerapan sistem transmisi data. Setelah data dikumpulkan dari sensor, data tersebut perlu dikirimkan ke server cloud untuk dianalisis dan dipantau lebih lanjut. Sistem transmisi data dirancang untuk memanfaatkan jaringan internet sehingga data dapat ditransfer secara real-time. Protokol data yang digunakan dikembangkan sedemikian rupa sehingga sistem dapat mengidentifikasi dan mengirimkan data baru secara otomatis ke cloud, serta menyimpan data di node station lokal apabila terjadi gangguan jaringan. Ini memastikan bahwa data tetap utuh dan dapat dikirimkan kembali ke server cloud begitu koneksi jaringan pulih.

2.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem pemantauan dan pengendalian nutrisi pada tanaman hidroponik menggunakan sensor Total Dissolved Solids (TDS) berbasis Internet of Things (IoT). Misalnya, Nainggolan et al. (2024) merancang sistem pemantauan larutan nutrisi pada tanaman hidroponik metode rakit apung berbasis IoT dengan mikrokontroler ESP-32, sensor TDS, dan sensor ketinggian air. Data yang diperoleh ditampilkan pada LCD dan dikirim ke aplikasi Android melalui koneksi Wi-Fi, memungkinkan pemantauan kadar nutrisi secara real-time.

Selain itu, Rivana et al. (2023) mengembangkan sistem monitoring nutrisi dan pH air pada tanaman hidroponik berbasis IoT menggunakan sensor TDS dan pH yang terhubung dengan NodeMCU ESP32. Sistem ini menampilkan nilai pada layar LCD dan mengirimkannya ke aplikasi, serta memungkinkan aktivasi pompa nutrisi secara remote melalui aplikasi saat kadar nutrisi atau pH berada di luar rentang optimal.

Namun, integrasi sistem monitoring dan pengaturan nutrisi hidroponik dengan penggunaan panel surya sebagai sumber energi masih jarang ditemukan dalam penelitian sebelumnya. Penggunaan panel surya dapat meningkatkan efisiensi energi dan keberlanjutan sistem hidroponik, terutama di daerah dengan akses listrik terbatas. Oleh karena itu, penelitian yang menggabungkan sistem monitoring dan pengaturan nutrisi berbasis sensor TDS dengan panel surya sebagai sumber energi memiliki potensi besar untuk mengisi kesenjangan ini dan memberikan kontribusi signifikan dalam teknologi pertanian berkelanjutan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, yang mempunyai fasilitas yang lengkap guna menunjang penelitian saya. Penelitian ini dimulai dari bulan November hingga Juni 2025.

3.2 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan deskriptif yang bertujuan untuk merancang, menguji, dan menganalisis sistem monitoring serta pengaturan nutrisi hidroponik melon berbasis sensor Total Dissolved Solids (TDS) dan panel surya sebagai sumber energi. Dalam penelitian ini, sistem akan diuji coba pada tanaman melon untuk mengukur efektivitas penggunaan sensor TDS dalam mengatur kadar nutrisi serta pemanfaatan energi surya untuk menunjang operasional sistem secara berkelanjutan. Penelitian ini juga bersifat kuantitatif, karena data yang dikumpulkan berupa angka-angka pengukuran TDS, pH, dan parameter lainnya yang dapat dianalisis secara statistik untuk mengevaluasi kinerja sistem.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

Adapun alat pada penelitian kali ini sebagai berikut :

1. Sensor *Total Dissolved Solids* (TDS)
2. Panel surya

3. Pompa air
4. Inverter
5. Esp 8266
6. Lcd i2c
7. Kabel Jumper
8. Baterai Accu
9. Kabel Usb
10. Software Arduino Ide
11. Laptop/Hp
12. Solinoid valve
13. Arduino
14. *Push button*
15. PCB (*Printed Circuit Board*)
16. *Switch button*
17. Adaptor 12V

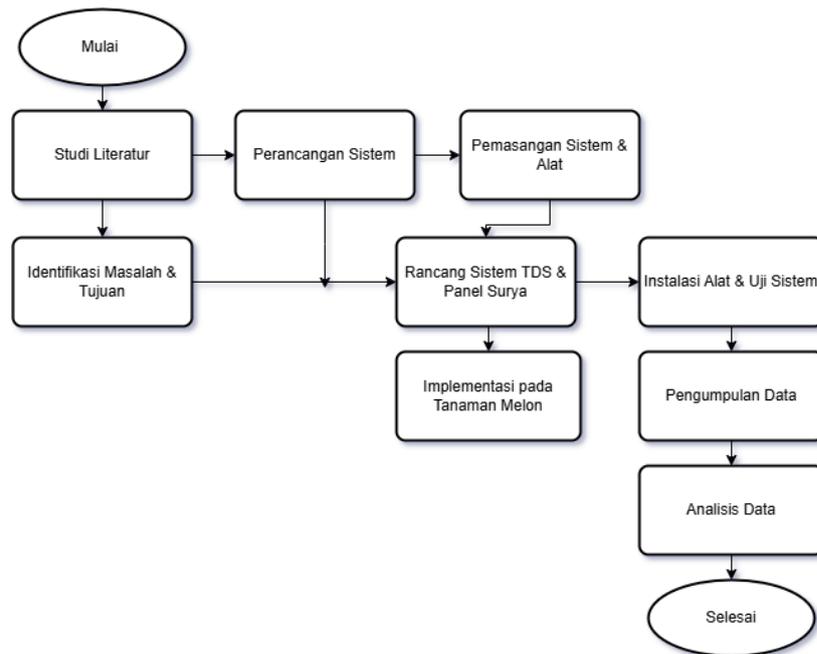
3.3.2 Bahan Penelitian

Adapun bahan pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Media tanam hidroponik
2. Nutrisi Hidroponik
3. Pupuk Hidroponik

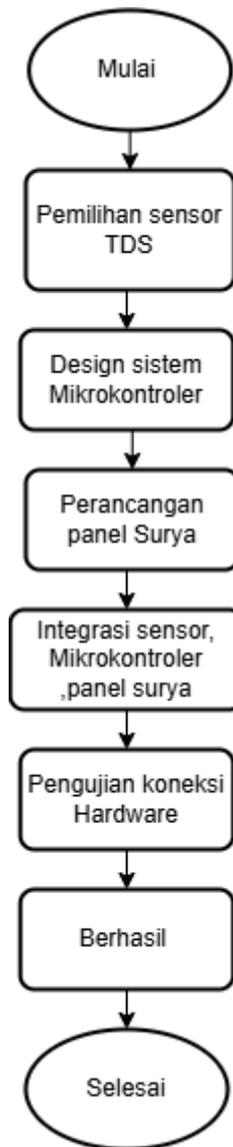
3.4 Diagram Penelitian

Penelitian Sistem monitoring dan pengaturan nutrisi Hidroponik melon berbasis sensor Total Dissolved Solids (TDS) dan panel seurya sebagai sumber energi ini meliputi beberapa tahapan yakni seperti diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3. 1 Diagram alir prosedur penelitian

3.5 Prosedur Penelitian



Gambar 3. 2 Diagram Alir Perancangan Hardware

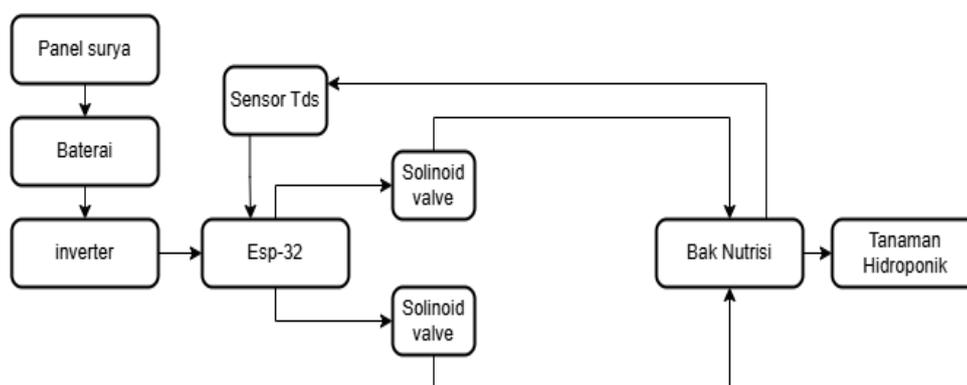
Perancangan Alat pada penelitian kali ini yaitu mencakup pada perancangan perangkat keras (*Hardware*)

Berikut merupakan penjelasan mengenai tahapan-tahapan dalam pembuatan perancangan perangkat keras dari penelitian ini.

- a. Langkah pertama adalah memilih sensor Tds yang sesuai dengan kebutuhan kita.
- b. Rancang sistem Design Mikrokontroler sesuai dengan literatur yang sudah ada.
- c. Rancang panel surya dengan memperhatikan daya yang di butuhkan dan baterai yang di gunakan.
- d. Integrasikan semua komponen mulai dari Sensor, Mikrontroler dan panel surya sebagai sumber energi.
- e. Lalu melakukan pengujian hardware dimana tahap ini sebagai testing alat yang sudah di rancang.

3.5.1 Rancangan Alat

Berikut adalah rancangan hardware pada penelitian kali ini :



Gambar 3. 3 Prototype Alat Penelitian

3.6 Tahap Pengolaan Data

3.6.1 Pengumpulan Data

Data penelitian dikumpulkan dari berbagai sensor yang terintegrasi dalam sistem hidroponik. Sensor yang digunakan meliputi sensor Total Dissolved Solids (TDS) untuk mengukur tingkat konsentrasi nutrisi dalam larutan, sensor suhu dan kelembapan untuk memantau kondisi lingkungan, serta sensor pada panel surya untuk mengukur tegangan dan arus listrik yang dihasilkan. Data diambil secara berkala dengan memperhatikan umur dari tanaman.

3.6.2 Normalisasi Data

Data mentah dari masing-masing sensor dinormalisasi untuk menghilangkan variasi skala antara sensor yang berbeda. Normalisasi dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$X_{norm} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

X : nilai asli

X_{min} : nilai minimum data

X_{max} : nilai maksimum data

3.6.3 Analisis dan Visualisasi

Data yang telah dibersihkan dan dinormalisasi dianalisis untuk melihat hubungan antara parameter-parameter penting. Grafik digunakan untuk menunjukkan pola hubungan antara tingkat TDS, konsumsi energi panel surya,

serta kondisi lingkungan seperti suhu dan kelembapan. Analisis ini bertujuan untuk memahami korelasi antara parameter dan kinerja sistem secara keseluruhan.

3.6.4 Tabel Hasil Data

Berikut tabel yang di gunakan untuk pengambilan data pada penelitian kali ini :

Tabel 3. 1 Tabel Pengambilan Data Sementara

No	Waktu	Kadar Nutrisi 500 (ppm)	Kadar Nutrisi 800(ppm)	Kadar Nutrisi 1000 (ppm)
1	08.00.00			
2	08.05.00			
3	08.10.00			
4	08.15.00			
5	08.20.00			
6	08.25.00			
7	08.30.00			
8	08.35.00			
9	08.40.00			
10	08.45.00			
11	08.50.00			
12	08.55.00			
13	09.00.00			
14	09.05.00			
15	09.10.00			

BAB IV

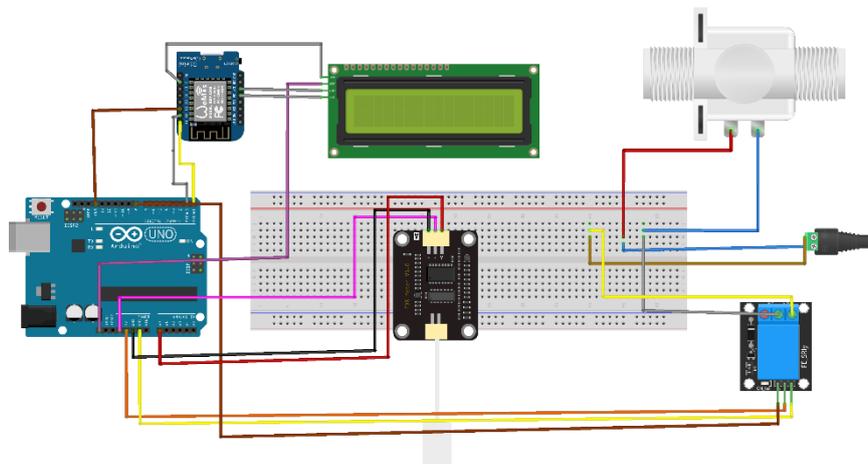
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Terdapat beberapa hal yang di uji pada penelitian sitem monitoring dan pengaturan nutrisi hidroponik melon berbasis sensor Total Dissolved Solids(Tds) serta panel surya sebagai sumber energi meliputi, pengujian awal terhadap tiap komponen yang di gunakan pada monitoring nutrisi tanaman hidroponik yakni fungsionalitas sensor Tds serta pemanfaatan panel surya sebagai sumber energi. Bagaimana perancangan alat monitoring nutrisi tanaman hidroponik yang meliputi *hardware* dan *software*

4.1.1 Perancangan Alat

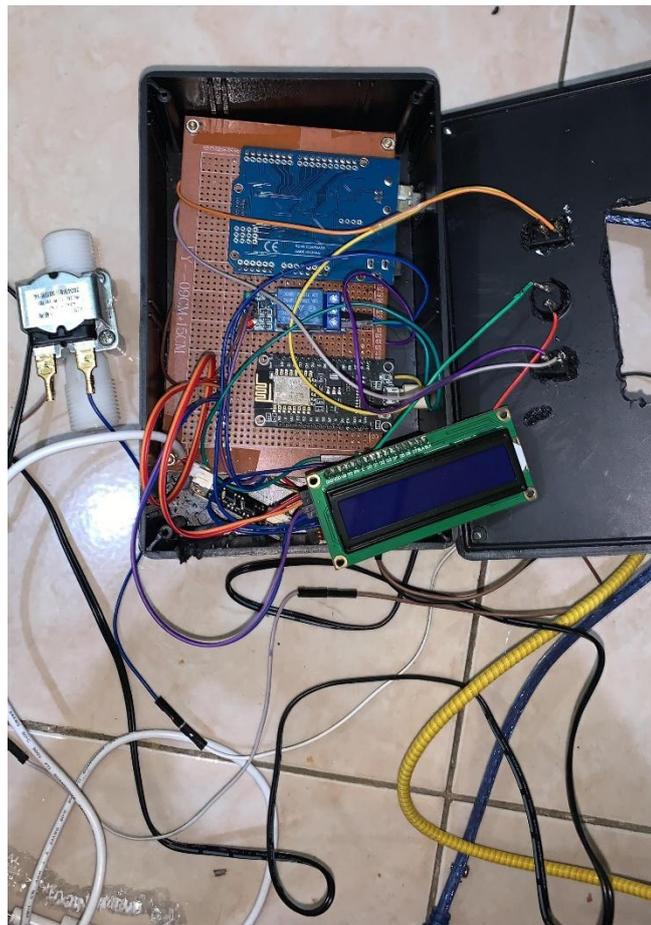
Perancangan alat dalam penelitian ini memanfaatkan beberapa komponen utama, di antaranya tiga jenis sensor, salah satunya adalah sensor TDS. Sensor TDS ini dikombinasikan dengan penggunaan solenoid valve yang berfungsi sebagai kran otomatis untuk mengatur aliran larutan secara presisi. Seluruh sensor yang



Gambar 4. 1 Rangkaian Alat

digunakan terintegrasi dan dikendalikan oleh mikrokontroler ESP8266. Adapun hubungan antar komponen ditunjukkan melalui skema rangkaian berikut.

Rangkaian di atas akan di tempatkan ke dalam kotak project sesuai dengan gambar di bawah ini.



Gambar 4. 2 Prototipe Alat

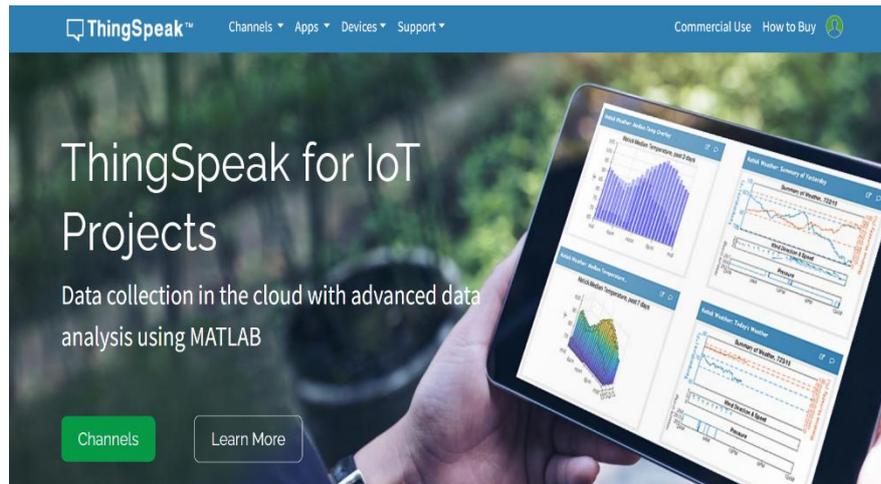
Setelah di lakukan perancangan instrumentasi Gambar 4.2 merupakan tampilan akhir sistem monitoring nutrisi tanaman hidroponik melon yang telah di gabungkan dari beberapa komponen mulai dari ESP8266 sebagai pusat sistem mikrokontroler, sensor TDS sebagai input nilai Ppm, solinoid valve sebagai kran

otomatis , kabel jumper, dan adaptor 12V sebagai penyuplai daya adapun cara perakitan alat sebagai berikut.

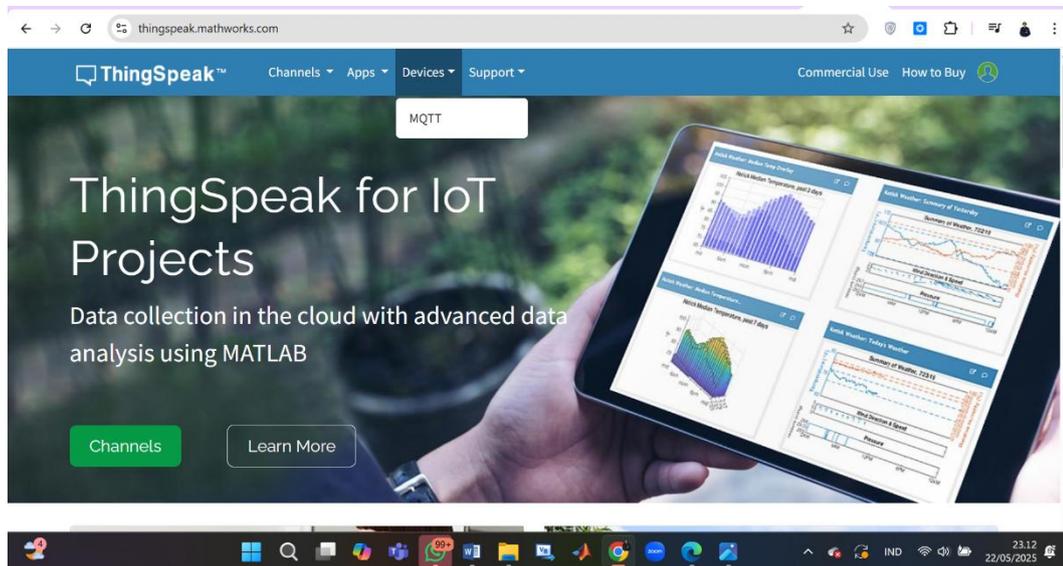
Pertama-tama, siapkan jalur daya pada breadboard dengan menghubungkan pin 5V Arduino ke jalur positif (+) dan pin GND Arduino ke jalur negatif (-) breadboard. Selanjutnya, untuk Modul LCD 16x2 dengan antarmuka I2C, hubungkan pin VCC dan GND modul I2C LCD masing-masing ke jalur positif dan negatif breadboard, kemudian sambungkan pin SDA ke pin A4 Arduino dan pin SCL ke pin A5 Arduino. Untuk Modul WiFi ESP-8266 (yang terhubung melalui breakout board/converter), pastikan pin VCC (3.3V) dari breakout board ESP-8266 terhubung ke jalur positif (+) breadboard, dan pin GND terhubung ke jalur negatif (-). Selanjutnya, sambungkan pin RX ESP- 8266 ke pin TX (D1) Arduino, pin TX ESP-8266 ke pin RX (D0) Arduino, dan pin CH_PD (EN) ESP- 8266 ke VCC (3.3V). Kemudian, pada Modul Sensor TDS, hubungkan pin VCC sensor ke jalur positif (+) breadboard dan pin GND ke jalur negatif (-), lalu sambungkan pin AOUT sensor ke pin A0 Arduino. Terakhir, untuk Modul Relay 1 Channel, sambungkan pin VCC dan GND modul relay masing-masing ke jalur positif dan negatif breadboard, kemudian hubungkan pin IN (Signal) modul relay ke pin Digital 2 (D2) Arduino. Setelah semua koneksi selesai, lakukan verifikasi ulang semua sambungan untuk memastikan tidak ada kesalahan dalam perakitan.

4.1.2 Perancangan Software

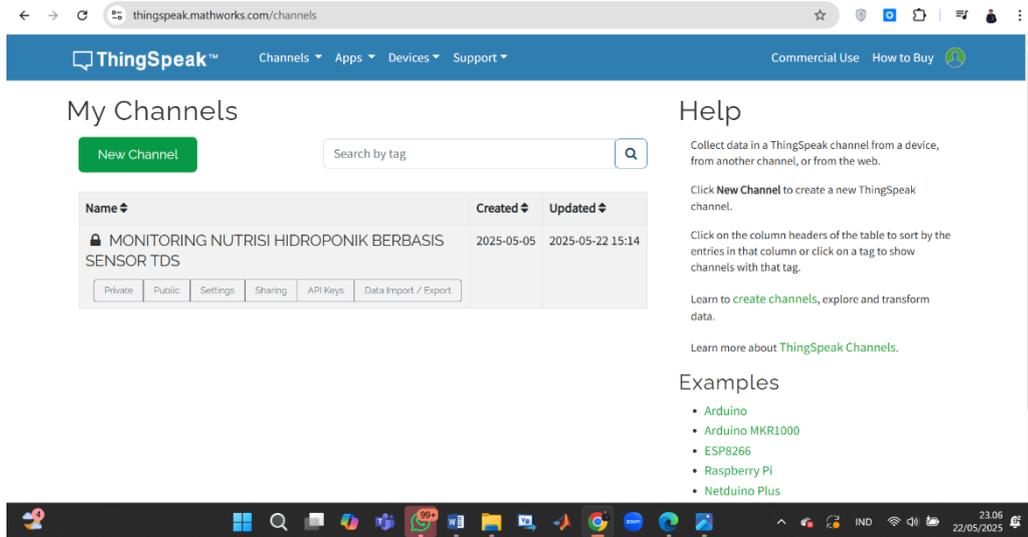
Software yang di gunakan untuk penelitian ini adalah platform IoT berbasis web yakni *Thingspeak*. Platform ini berfungsi sebagai tempat monitoring serta database dari data logger sensor. Gambar di bawah ini merupakan tampilan depan dari *Thgingspeak*.



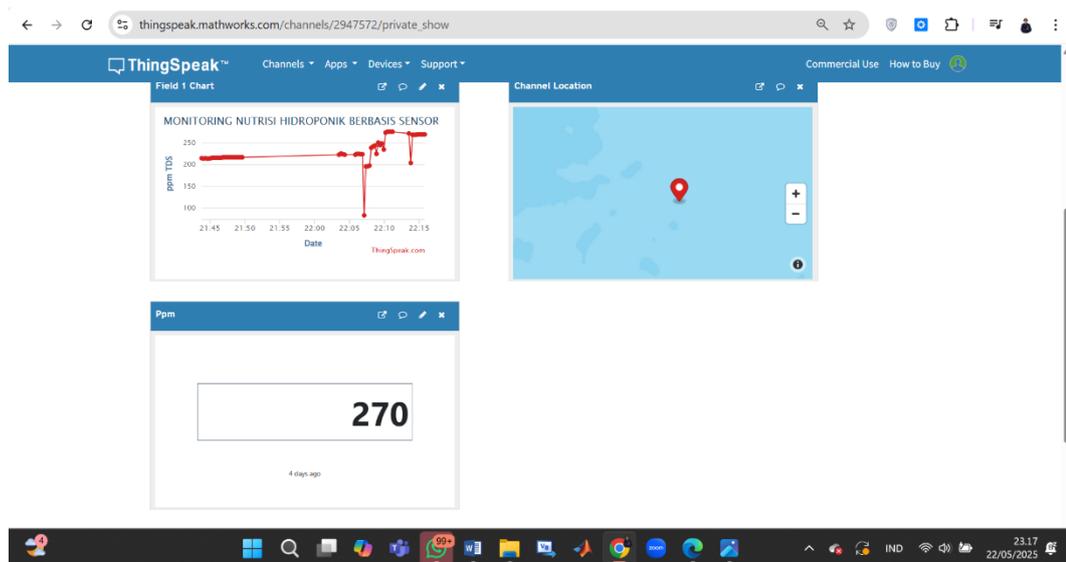
Gambar 4. 3 Tampilan Thingspeak



Gambar 4. 4 Tampilan Thingspeak Menu Device

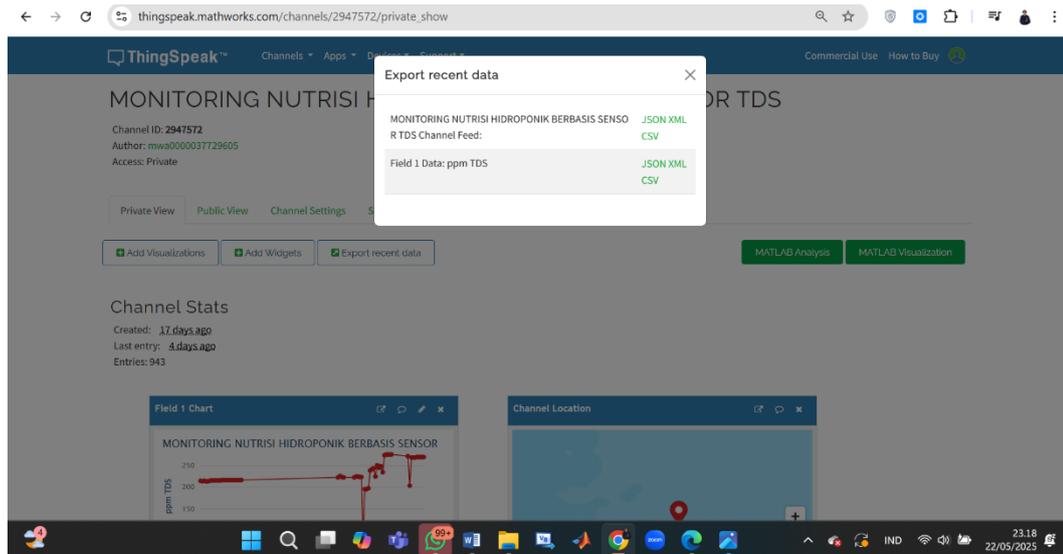


Gambar 4. 5 Tampilan My Channels



Gambar 4. 6 Tampilan Dashboard

Pada tampilan Thingspeak terdapat 3 aplikasi yang di gunakan yang pertama adalah My Chanel untuk mendaftarkan alat yang di gunakan agar dapat terhubung antara Website dengan mikrokontroler. Aplikasi kedua yang di gunakan adalah Dashboard, bagian ini berfungsi untuk menampilkan monitoring sensor yang terhubung dengan mikrontroler.



Gambar 4. 7 Menu Otomatis Pengambilan Data

4.2 Uji Alat dan Komponen

Pada tahap ini, sebelum melakukan pengujian prototipe secara menyeluruh, dilakukan terlebih dahulu pengujian terhadap masing-masing komponen alat dan bahan yang digunakan. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap komponen berfungsi dengan baik dan dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya. Beberapa pengujian yang dilakukan meliputi:

4.2.1 Uji kesesuaian Sensor TDS

Sebelum diimplementasikan sebagai instrumen akuisisi data primer dalam penelitian, Sensor TDS menjalani tahap pengujian validasi. Tujuan fundamental dari pengujian ini adalah untuk memverifikasi kesesuaian dan akurasi fungsional sensor dengan cara membandingkan kinerjanya secara langsung terhadap instrumen pembanding standar, yaitu TDS Meter portabel. Tahap ini esensial untuk menjamin bahwa data yang dihasilkan oleh Sensor

TDS memiliki tingkat reliabilitas dan validitas yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

4.2.2 Metodologi Pengujian

Proses validasi kinerja dilaksanakan dengan menggunakan tiga jenis sampel air yang memiliki karakteristik *Total Dissolved Solids* (TDS) yang berbeda secara signifikan:

1. Air Kemasan: Sebagai representasi sampel dengan konsentrasi TDS rendah.
2. Air Sumur: Sebagai representasi sampel dengan konsentrasi TDS sedang.
3. Air PAM: Sebagai representasi sampel dengan konsentrasi TDS tinggi.

Pendekatan ini bertujuan untuk mengevaluasi respons dan akurasi sensor pada keseluruhan spektrum pengukuran. Pada setiap sampel, dilakukan lima kali replikasi pengukuran untuk mengevaluasi akurasi relatif dan presisi pembacaan.

4.2.3 Hasil Pengujian Validasi

Data hasil pengujian dari ketiga sampel diolah untuk mendapatkan parameter statistik deskriptif. Rangkuman komprehensif dari hasil kalkulasi tersebut disajikan pada Tabel 4.1, 4.2, 4.3.

Tabel 4 .1 Perbandingan Tds meter dan sensor Tds pada air kemasan

Jenis Cairan			
Air Kemasan			
No	tds meter (ppm)	Sensor tds(ppm)	%Error
1	96	98	2.08%
2	95	98	3.15%
3	96	97	1.04%
4	97	99	2.06%

5	95	98	3.15%
Rata -Rata	95.8	98	2.30%
standar Deviasi	0.836660027	0.707106781	0.00886

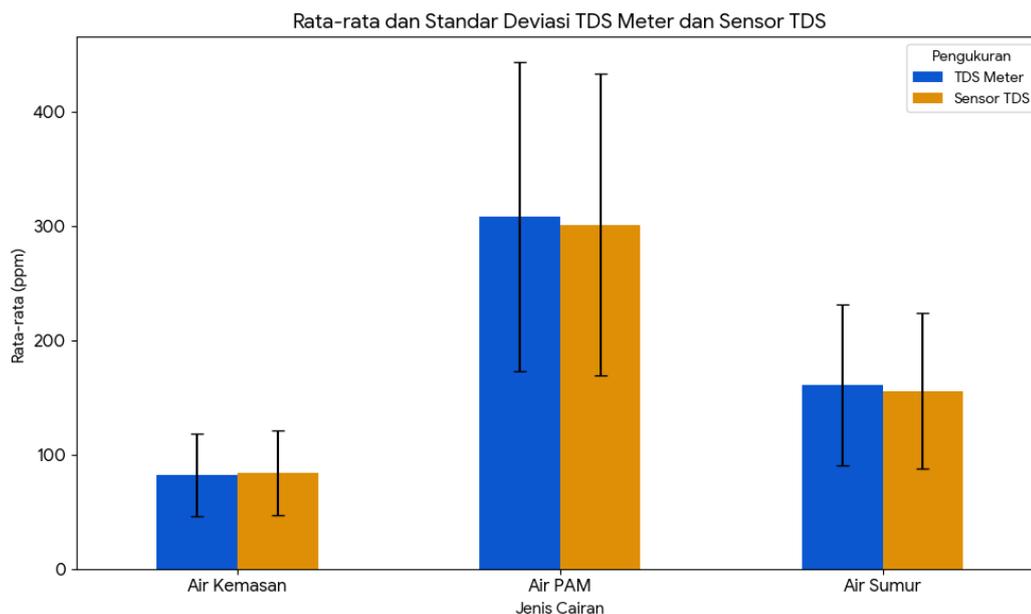
Tabel 4 .2 Perbandingan Tds meter dan sensor Tds pada air PAM

Jenis Cairan			
Air PAM			
No	tds meter (ppm)	Sensor tds(ppm)	%Error
1	359	350	2.50%
2	360	352	2.20%
3	358	350	2.23%
4	359	352	1.94%
5	362	353	2.48%
Rata-Rata	359.6	351.4	2.27%
Standar Deviasi	1.516575089	1.341640786	0.0023

Tabel 4 .3 Perbandingan Tds meter dan sensor Tds pada air sumur

Jenis Cairan			
Air Sumur			
No	tds meter (ppm)	Sensor tds(ppm)	%Error
1	188	181	3.70%
2	187	183	2.10%
3	188	182	3.10%
4	189	181	4.20%
5	186	181	2.60%
Rata- Rata	187.6	181.6	3.14%
Standar Deviasi	1.140175425	0.894427191	0.00838451

Berikut Grafik hasil rata-rata dan Standar Deviasi :



Gambar 4. 8 Grafik rata rata dan standart deviasi

4.2.4 Analisis dan Pembahasan Hasil Validasi

Analisis rerata galat relatif merupakan parameter kunci untuk validasi akurasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai galat relatif berada pada rentang 2.27% hingga 2.94%. Nilai galat yang secara konsisten berada di bawah 3% pada seluruh spektrum pengujian (rendah, sedang, dan tinggi) merupakan indikator kuat bahwa akurasi Sensor TDS tidak terdegradasi oleh perubahan konsentrasi larutan. Temuan ini secara kuantitatif menegaskan bahwa Sensor TDS mampu menghasilkan data yang akurat relatif terhadap instrumen standar.

Evaluasi presisi, yang direpresentasikan oleh standart deviasi, menunjukkan hasil yang sama positifnya. Nilai deviasi untuk kedua instrumen secara konsisten sangat kecil (tidak melebihi 1.7 ppm). Hal ini mengafirmasi bahwa kedua alat memiliki tingkat sebaran data yang

minimal, yang berarti keduanya mampu menghasilkan pengukuran yang stabil dan dapat diandalkan pada pembacaan berulang. Kapabilitas presisi Sensor TDS terbukti komparabel dengan TDS Meter standar di semua skenario pengujian.

4.2.5 Pengujian Software

Perangkat lunak yang akan diuji adalah platform IoT Thingspeak yang digunakan sebagai tempat untuk menampilkan data hasil monitoring dan

```
String URL = "http://api.thingspeak.com/update?api_key=N09R71BHHVAEK5L5&field1=";
const char *ssid = "P.BL";
const char *pass = "salampergerakan";
```

data logger alat tersebut. Pengujian pertama adalah menghubungkan antara alat dengan platform IoT dengan cara mengunggah kodingan berikut

Gambar 4. 9 Masukan Program IOT

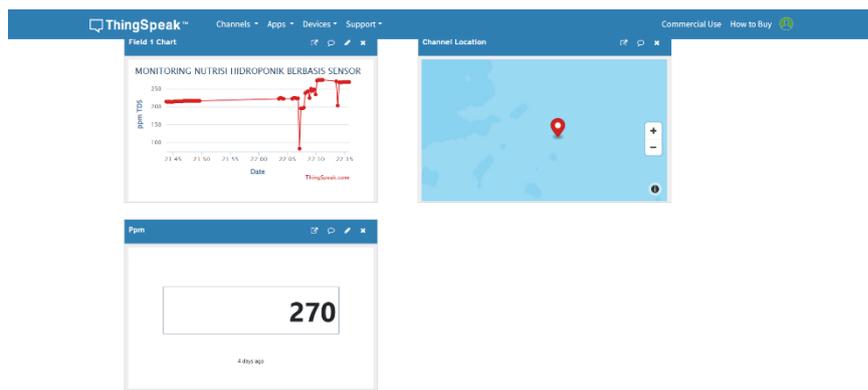
```
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("TDS = ");
lcd.setCursor(6, 0);
lcd.print(" ");
lcd.setCursor(6, 0);
lcd.print(mq2);
lcd.setCursor(11, 0);
lcd.print("ppm");

if (mq2<1000){
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(" ")          ";
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("SELONOID ON");
}
else{
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(" ")          ";
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("SELONOID OFF");
}
}
```

Gambar 4. 10 Perintah Penampilan Hasil TdS

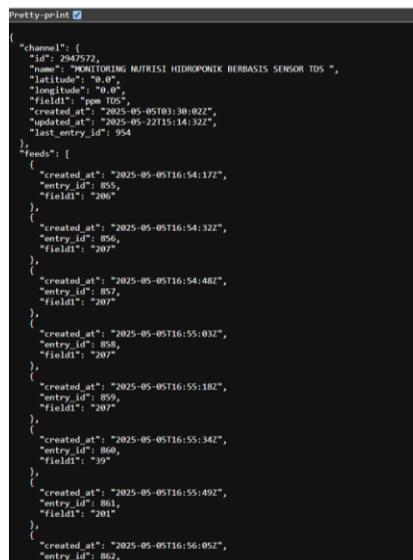
Kode tersebut berfungsi untuk menghubungkan antara alat dengan platform *Thingspeak* agar data dari alat dapat ditransfer ke platform tersebut. Untuk melihat

status alat sudah terhubung dengan *Thingspeak* dapat dilihat di menu *My Chanel* apabila suda terhubung dengan internet maka status online. Jika alat sudah dalam kondisi terhubung dengan internet maka tampilan pada device akan seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 4. 11 Hasil Penampilan Pada Menu Device

Setelah alat terhubung dengan koneksi internet selanjutnya untuk menampilkan data dari hasil monitoring dapat di lihat di bagian menu Dashboard. Data yang ditampilkan berupa nilai TDS, dan nilai suhu setiap satu menit. Grafik yang ditampilkan adalah grafik perubahan nilai data permenit. Data dari hasil monitoring tersebut disimpan dibagian menu *Chanel* yang berfungsi sebagai data logger. Sampling untuk data diambil setiap sepuluh menit sekali dikirim dari mikrokontroller menuju platform *Thingspeak*.



```

{
  "channel": {
    "id": "2947572",
    "name": "MONITORING NUTRISI HIDROPONIK BERBASIS SENSOR TDS ",
    "latitude": "9.6",
    "longitude": "9.6",
    "field1": "ppm TDS",
    "created_at": "2025-05-05T03:30:02Z",
    "updated_at": "2025-05-22T15:14:32Z",
    "last_entry_id": 954
  },
  "feeds": [
    {
      "created_at": "2025-05-05T16:54:17Z",
      "entry_id": 855,
      "field1": "286"
    },
    {
      "created_at": "2025-05-05T16:54:32Z",
      "entry_id": 856,
      "field1": "287"
    },
    {
      "created_at": "2025-05-05T16:54:48Z",
      "entry_id": 857,
      "field1": "287"
    },
    {
      "created_at": "2025-05-05T16:55:03Z",
      "entry_id": 858,
      "field1": "287"
    },
    {
      "created_at": "2025-05-05T16:55:18Z",
      "entry_id": 859,
      "field1": "287"
    },
    {
      "created_at": "2025-05-05T16:55:34Z",
      "entry_id": 860,
      "field1": "39"
    },
    {
      "created_at": "2025-05-05T16:55:49Z",
      "entry_id": 861,
      "field1": "281"
    },
    {
      "created_at": "2025-05-05T16:56:05Z",
      "entry_id": 862,
      "field1": "281"
    }
  ]
}

```

Gambar 4. 12 Tampilan Menu Pengambilan Data

Data yang ditampilkan berupa waktu sampling data nilai TDS, voltase TDS, dan nilai ADC dari sensor TDS.

4.3 Pembahasan

Tahap pembahasan ini merupakan inti dari penelitian, di mana dilakukan analisis kuantitatif secara mendalam untuk melakukan validasi terhadap Sensor TDS yang dikembangkan. Validasi merupakan proses krusial untuk memastikan bahwa sebuah instrumen baru memiliki tingkat keandalan dan kebenaran data yang setara dengan instrumen standar yang telah teruji. Dalam konteks penelitian ini, validasi dilakukan melalui analisis komparatif yang rigor terhadap kinerja Sensor TDS dan sebuah TDS Meter standar pada parameter akurasi dan presisi. Pengujian dilakukan pada tiga tingkat konsentrasi larutan yang berbeda, yaitu 500 ppm, 800 ppm, dan 1000 ppm, untuk mengevaluasi konsistensi kinerja sensor pada rentang operasional yang bervariasi. Seluruh data statistik yang menjadi fondasi analisis ini dirangkum secara sistematis pada tabel di bawah, sementara set data mentah dari setiap sesi pengukuran dilampirkan pada tabel 4.4

Tabel 4 .4 Hasil rata-rata dan simpangan baku pada alat

Perlakuan Konsentrasi	Instrumen	Rerata (μ , ppm)	Simpangan Baku (σ , ppm)
500 ppm	TDS Meter	473.0	31.90
	Sensor TDS	468.8	33.21
800 ppm	TDS Meter	784.2	15.91
	Sensor TDS	782.9	17.18
1000 ppm	TDS Meter	945.1	61.42
	Sensor TDS	942.6	61.70

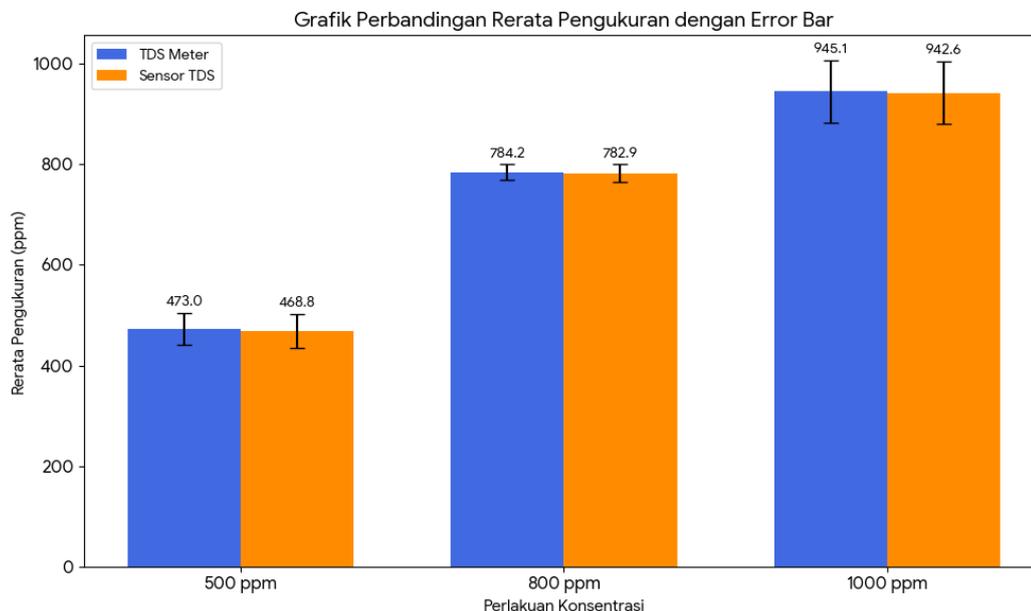
Evaluasi akurasi, yang merefleksikan kedekatan hasil pengukuran dengan nilai acuan, menunjukkan kesesuaian yang sangat tinggi antara kedua instrumen. Berdasarkan Tabel 4.1, pada konsentrasi 500 ppm, Sensor TDS (468.8 ppm) hanya menunjukkan deviasi absolut sebesar 4.2 ppm dari TDS Meter (473.0 ppm), atau setara dengan selisih relatif sekitar 0.89% terhadap pembacaan alat standar. Tingkat kesesuaian yang lebih tinggi bahkan teramati pada konsentrasi 800 ppm, di mana deviasi absolutnya hanya 1.3 ppm (selisih relatif 0.17%). Pola ini menegaskan bahwa Sensor TDS mampu mereplikasi hasil pengukuran instrumen standar dengan tingkat akurasi yang sangat memuaskan. Di sisi lain, perlu dicermati bahwa kedua instrumen secara konsisten menghasilkan pembacaan yang sedikit di bawah nilai target (misalnya, rerata ~943-945 ppm untuk target 1000 ppm). Fenomena *underestimate* ini kemungkinan tidak disebabkan oleh kelemahan pada salah satu sensor, melainkan oleh faktor sistematis yang memengaruhi keduanya, seperti kurva kalibrasi internal instrumen yang mungkin tidak sepenuhnya linear atau adanya pengaruh temperatur larutan yang tidak terkompensasi secara sempurna, sehingga sedikit memengaruhi pembacaan konduktivitas.

Tabel 4 5 Hasil data dan Error

TDS Meter	sensor TDS	%Error	TDS Meter	sensor TDS	%Error	TDS Meter	sensor TDS	%Error
501	500	0.20%	803	800	0.37%	1001	1000	0.10%
408	400	2%	765	762	0.39%	880	877	0.34%
460	456	0.87%	758	753	0.66%	862	859	0.34%
494	490	0.81%	793	789	0.50%	979	976	0.30%
505	500	1%	801	800	0.10%	998	994	0.40%
441	437	0.90%	769	766	0.39%	1002	1000	0.20%
467	460	1.50%	786	782	0.51%	989	987	0.20%
492	489	0.61%	780	794	1.76%	859	856	0.35%
503	500	0.60%	800	800	0%	901	899	0.22%
459	456	0.65%	787	783	0.51%	980	978	0.20%
477	474	0.63%	780	779	0.12%	971	968	0.30%
497	495	0.40%	787	769	2.34%	998	994	0.40%
504	500	0.80%	785	783	0.25%	1003	1000	0.30%
464	460	0.86%	801	800	0.12%	881	878	0.34%
490	483	1.44%	780	778	0.25%	979	975	0.41%

Selanjutnya, analisis presisi atau keandalan pengukuran berulang dievaluasi melalui simpangan baku (σ). Parameter ini krusial untuk mengetahui stabilitas dan tingkat kepercayaan dari sebuah alat ukur. Secara eksplisit menunjukkan bahwa nilai simpangan baku dari Sensor TDS di setiap perlakuan hampir identik dengan TDS Meter, yang mengonfirmasi bahwa keduanya memiliki tingkat presisi yang setara secara statistik. Sebagai contoh, pada perlakuan 1000 ppm, simpangan baku keduanya berada di angka ~ 61 ppm. Hal yang patut menjadi catatan adalah bagaimana presisi kedua instrumen mencapai titik optimal pada konsentrasi 800 ppm, yang ditandai dengan nilai simpangan baku terendah. Sebaliknya, pada konsentrasi 1000 ppm, terjadi peningkatan variabilitas pengukuran. Hipotesis yang dapat diajukan terkait fenomena ini adalah kemungkinan adanya gejala saturasi atau non-linearitas respons sensor pada konsentrasi larutan yang lebih pekat, atau dapat pula disebabkan oleh ketidakstabilan ionik larutan itu sendiri pada konsentrasi

tinggi. Untuk memvisualisasikan korelasi kinerja ini secara lebih intuitif, data komparatif disajikan dalam diagram batang berikut.



Gambar 4. 13 Grafik perbandingan rerata pengukuran error

Gambar 4.13 menyajikan bukti visual yang kuat untuk mendukung analisis. Ketinggian batang yang hampir sejajar antara TDS Meter dan Sensor TDS di setiap kelompok konsentrasi secara grafis menegaskan kesetaraan akurasi. Sementara itu, panjang *error bar* yang serupa mengilustrasikan presisi yang sebanding, di mana *error bar* terpendek pada 800 ppm secara visual menunjukkan titik pengukuran paling stabil. Berdasarkan serangkaian bukti kuantitatif dan visual ini, dapat ditarik sebuah sintesis yang konklusif. Konvergensi hasil antara data rerata (akurasi) dan simpangan baku (presisi) menunjukkan bahwa Sensor TDS yang dikembangkan telah berhasil melewati tahap validasi dengan sangat baik.

Implikasi dari validasi ini sangat signifikan. Kinerja Sensor TDS yang terbukti reliabel dan setara dengan instrumen standar membuka potensi

pemanfaatannya sebagai alat monitoring *real-time* yang lebih ekonomis dan efisien, khususnya dalam aplikasi yang sensitif terhadap biaya seperti sistem hidroponik skala kecil dan menengah, akuakultur, atau pemantauan kualitas air di lingkungan. Meskipun demikian, perlu diakui bahwa penelitian ini terbatas pada tiga titik konsentrasi. Oleh karena itu, penelitian lanjutan direkomendasikan untuk menguji kinerja sensor pada rentang konsentrasi yang lebih luas dan mengevaluasi durabilitas serta stabilitasnya dalam penggunaan jangka panjang untuk lebih memperkokoh hasil validasi ini.

4.4 Integrasi Penelitian Dengan Al Quran

Islam memberikan petunjuk yang sangat jelas dalam menjaga kelestarian alam dan sumber daya alam yang ada di bumi. Konsep ini sangat penting dalam konteks pertanian, di mana umat Islam diajarkan untuk mengelola sumber daya alam dengan bijaksana dan efisien. Salah satu solusi yang dapat diterapkan dalam sistem pertanian modern adalah teknologi hidroponik, yang memungkinkan pertanian dengan menggunakan air dan nutrisi yang lebih efisien, tanpa merusak lingkungan. Dalam bab ini, akan dibahas bagaimana sistem hidroponik dapat diterapkan sebagai bentuk pemanfaatan teknologi dalam pertanian berkelanjutan yang sesuai dengan prinsip-prinsip Islam.

4.4.1 Pentingnya Teknologi dalam Pertanian Berkelanjutan

Pertanian berkelanjutan merupakan pendekatan yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan manusia tanpa merusak lingkungan atau membahayakan sumber daya alam yang ada. Dalam Islam, bumi dan segala

isinya adalah amanah yang harus dijaga dengan baik oleh umat manusia. Konsep pemeliharaan alam ini terdapat dalam banyak ayat Al-Qur'an yang mengingatkan umat manusia untuk memanfaatkan sumber daya alam dengan bijaksana.

Surah Al-Baqarah (2:164):

بِمَا الْبَحْرُ فِي تَجْرِي فَلِكِ وَفِي وَالنَّهَارِ اللَّيْلِ وَاخْتِلَافِ الْأَرْضِ السَّمَاوَاتِ خَلْقٍ فِي إِنَّ
كُلِّ مِنْ فِيهَا وَبَثَّ مَوْتَهَا بَعْدَ الْأَرْضِ بِهِ فَأَحْيَا مَاءً مِنَ السَّمَاءِ مِنَ اللَّهِ أَنْزَلَ وَمَا النَّاسَ يَنْفَعُ
يَنْفَكُرُونَ لِقَوْمٍ لآيَاتٍ وَالْأَرْضِ السَّمَاءِ بَيْنَ الْمُسَخَّرِ وَالسَّحَابِ الرِّيَّاحِ وَتَصْرِيفِ دَابَّةٍ

“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, pergantian malam dan siang, kapal-kapal yang berlayar di laut membawa manfaat bagi manusia, apa yang diturunkan Allah dari langit berupa air, yang menghidupkan bumi setelah matinya, serta segala jenis binatang yang tersebar di bumi, dan pengaturan angin serta awan yang dikendalikan antara langit dan bumi, adalah tanda-tanda kebesaran Allah bagi kaum yang memikirkan.”

Ayat ini menunjukkan bahwa alam adalah ciptaan Allah yang penuh dengan manfaat bagi umat manusia. Semua elemen alam termasuk air dan udara harus digunakan secara bijaksana dan tidak boleh disia-siakan. Dalam konteks pertanian, sistem hidroponik yang efisien dalam penggunaan air dan nutrisi adalah contoh pemanfaatan teknologi yang sesuai dengan prinsip-prinsip yang diajarkan dalam Islam.

4.4.2 Pengurangan Pemborosan Air melalui Hidroponik

Salah satu keunggulan utama dari sistem hidroponik adalah efisiensi dalam penggunaan air. Sistem ini menggunakan sirkulasi air tertutup, di mana air yang digunakan dalam pertumbuhan tanaman akan dikembalikan ke sistem dan dapat digunakan kembali. Hal ini sangat berbeda dengan pertanian konvensional yang sering kali membuang air secara berlebihan.

Surah Al-A'raf (7:31):

الْمُسْرِفِينَ ۚ يُحِبُّ لَا إِنَّهُ تُسْرِفُوا وَلَا وَاشْرَبُوا وَكُلُوا مَسْجِدٍ كُلِّ عِنْدَ زِينَتِكُمْ خُذُوا آدَمَ بَنِي يَا

“Wahai anak cucu Adam, ambillah perhiasanmu di setiap masjid dan makanlah serta minumlah, tetapi jangan berlebihan. Sesungguhnya Dia tidak suka orang-orang yang berlebihan.”

Ayat ini mengingatkan umat Islam untuk tidak berlebihan dalam menggunakan segala sesuatu, termasuk sumber daya alam seperti air. Dalam praktik hidroponik, efisiensi penggunaan air menunjukkan bagaimana teknologi ini sesuai dengan ajaran Islam untuk menghindari pemborosan dan memanfaatkan sumber daya alam secara bijaksana.

4.4.3 Hidroponik sebagai Solusi Pengelolaan Tanah yang Berkelanjutan

Salah satu tantangan terbesar dalam pertanian konvensional adalah kerusakan tanah akibat penggunaan pupuk kimia yang berlebihan dan praktik pertanian yang tidak ramah lingkungan. Hidroponik, yang menggunakan media tanam non-aktif seperti batu apung atau perlite, tidak memerlukan tanah, sehingga masalah degradasi tanah dapat dihindari. Selain itu, sistem ini juga memungkinkan pengontrolan nutrisi yang lebih tepat dan terukur, mengurangi kebutuhan akan pupuk kimia yang dapat mencemari tanah dan air.

Hadist Riwayat Bukhari dan Muslim:

اسْتَطَاعَ إِنْ فَلْيُغْرِسْهُ فَسَيْلٌ أَحَدِكُمْ يَدٍ وَفِي السَّاعَةِ قَامَتْ إِذَا

“Jika kiamat telah datang dan di tangan salah seorang di antara kalian ada bibit pohon, maka tanamlah pohon itu jika dia mampu melakukannya.”

Hadist ini mengajarkan kita bahwa meskipun dalam situasi yang sangat terbatas, kita tetap dianjurkan untuk menanam pohon dan memelihara tanaman. Dalam konteks hidroponik, meskipun tidak menggunakan tanah, prinsip ini tetap relevan karena kita tetap menanam dan memelihara tanaman dengan cara yang tidak merusak lingkungan.

4.4.5 Efisiensi Penggunaan Nutrisi dalam Hidroponik

Dalam sistem hidroponik, tanaman mendapatkan nutrisi langsung melalui air yang telah dicampur dengan larutan nutrisi, yang memungkinkan tanaman menyerap nutrisi secara lebih efisien dibandingkan dengan pertanian konvensional. Nutrisi yang diberikan pada sistem hidroponik dapat disesuaikan dengan kebutuhan tanaman, menghindari pemborosan nutrisi yang tidak terpakai.

Surah Al-A'raf (7:31):

المُسْرِفِينَ يُجِبُّ لَا إِنَّهُ تُسْرِفُوا وَلَا وَاشْرَبُوا وَكُلُوا مَسْجِدِ كُلِّ عِنْدَ زَيْنَتِكُمْ خُدُوا أَدَمَ بَنِي يَا

“Wahai anak cucu Adam, ambillah perhiasanmu di setiap masjid dan makanlah serta minumlah, tetapi jangan berlebihan. Sesungguhnya Dia tidak suka orang-orang yang berlebihan.”

Ayat ini kembali mengingatkan kita untuk tidak berlebihan, termasuk dalam penggunaan nutrisi. Dalam sistem hidroponik, prinsip ini diterapkan dengan memberikan nutrisi yang tepat kepada tanaman, tanpa adanya pemborosan atau kelebihan yang dapat merusak tanaman atau lingkungan.

4.4.6 Hidroponik dalam Mengurangi Kerusakan Lingkungan

Pertanian konvensional sering kali menyebabkan kerusakan lingkungan akibat penggunaan pestisida dan pupuk kimia. Sistem hidroponik mengurangi kebutuhan akan bahan kimia ini, karena tanaman tumbuh dalam kondisi yang lebih terkontrol dan menggunakan pestisida alami. Selain itu, penggunaan air yang efisien juga mengurangi risiko pencemaran air dan tanah.

Surah Ar-Rum (30:41):

لَعَلَّهُمْ عَمَلُوا الَّذِي بَعْضَ لِيُذِيقَهُمُ النَّاسِ أَيْدِي كَسَبَتْ بِمَا وَالْبَحْرَ الْبَرِّ فِي الْفَسَادُ ظَهَرَ
يَرْجِعُونَ

“Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan oleh ulah tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari akibat perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).”

Ayat ini menggambarkan kerusakan yang terjadi akibat ulah manusia, yang sering kali disebabkan oleh pengelolaan sumber daya alam yang tidak bijaksana. Dalam hal ini, sistem hidroponik dapat dianggap sebagai solusi untuk mengurangi kerusakan yang disebabkan oleh pertanian konvensional. Dengan mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya dan menjaga keseimbangan lingkungan, hidroponik mendukung konsep keberlanjutan dalam Islam yang mengutamakan kelestarian alam dan menghindari kerusakan di bumi.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil penelitian dan analisis data yang telah diuraikan secara mendalam pada bab-bab sebelumnya, maka pada bagian ini akan ditarik beberapa kesimpulan yang secara spesifik menjawab rumusan masalah penelitian.

1. Rancangan sistem monitoring nutrisi yang efektif untuk tanaman melon berhasil diwujudkan dengan menggunakan sensor Total Dissolved Solids (TDS) sebagai komponen deteksi utama. Efektivitas rancangan ini bertumpu pada keandalan sensor yang digunakan. Sebagaimana telah dibuktikan dalam pembahasan, sensor TDS yang menjadi inti sistem ini telah melalui proses validasi dan menunjukkan kinerja akurasi dan presisi yang sangat sebanding dengan alat ukur standar. Kemampuannya untuk memberikan pembacaan konsentrasi nutrisi yang konsisten dan dapat diandalkan merupakan fondasi utama dari sebuah sistem monitoring yang efektif.
2. Penggunaan sensor TDS terbukti sangat efektif untuk pengelolaan larutan nutrisi dan secara tidak langsung mendukung pertumbuhan optimal tanaman melon dalam sistem hidroponik. Efektivitas ini ditunjukkan oleh kemampuan sensor untuk memonitor tingkat kepekatan nutrisi pada berbagai level (500 ppm, 800 ppm, dan 1000 ppm) dengan deviasi yang sangat kecil terhadap instrumen standar. Dengan adanya data konsentrasi yang akurat dan *real-time*, pengelolaan larutan nutrisi menjadi lebih presisi,

memastikan bahwa tanaman melon senantiasa menerima asupan hara sesuai dengan kebutuhannya. Ketersediaan nutrisi yang terkontrol dengan baik ini merupakan faktor esensial dalam menunjang pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman secara optimal.

Secara keseluruhan, pengujian ini mengungkapkan pentingnya pengaturan dan pemantauan yang tepat terhadap konsentrasi TDS dalam sistem hidroponik untuk menjaga pertumbuhan tanaman melon yang optimal, serta memperlihatkan bahwa sistem pengaturan nutrisi yang lebih presisi dan responsif sangat dibutuhkan.

5.2 Saran

1. Peningkatan algoritma kontrol Untuk mengurangi fluktuasi TDS pada rentang rendah (400-500 ppm) dan mencegah kelebihan TDS pada rentang tinggi (1000 ppm), perlu dilakukan pengembangan algoritma kontrol yang lebih responsif. Pengaturan yang lebih cermat dalam mengalirkan larutan nutrisi berdasarkan data sensor TDS dapat membantu menjaga konsentrasi nutrisi yang stabil dan optimal.
2. Peningkatan sensitivitas sensor TDS pada pengukuran TDS dengan rentang tinggi, seperti 1000 ppm, fluktuasi yang signifikan menunjukkan bahwa sensor TDS yang digunakan perlu diperbaiki untuk memiliki sensitivitas yang lebih tinggi, agar sistem dapat mendeteksi perubahan dengan lebih cepat dan menghindari over-fertilization. Pemilihan sensor TDS yang lebih akurat dan responsif akan membantu menjaga kestabilan nutrisi.
3. Penyusunan Protokol Pengaturan Nutrisi yang Lebih Terperinci Mengingat pentingnya konsentrasi nutrisi yang tepat pada setiap fase

pertumbuhan tanaman melon, penyusunan protokol pengaturan nutrisi yang lebih terperinci berdasarkan rentang TDS yang berbeda sangat penting. Protokol ini harus mencakup penyesuaian otomatis pada berbagai fase pertumbuhan, yang sesuai dengan perubahan kebutuhan nutrisi tanaman melon.

4. Pengujian dan Verifikasi Sensor TDS dengan Alat Pengukur Konvensional
Uji kesesuaian sensor TDS dengan alat pengukur konvensional perlu dilakukan secara berkala untuk memastikan bahwa sensor berfungsi dengan akurat dan dapat diandalkan dalam pengukuran. Proses verifikasi ini akan memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai keandalan sistem pengaturan nutrisi berbasis sensor TDS.
5. Pemantauan lingkungan yang lebih luas Faktor eksternal seperti suhu dan kelembaban dapat mempengaruhi kestabilan TDS dalam larutan nutrisi. Oleh karena itu, penting untuk melengkapi sistem dengan sensor lingkungan tambahan untuk memantau faktor-faktor tersebut dan melakukan penyesuaian yang diperlukan guna menjaga kestabilan TDS pada rentang yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Husaini, M., Zulianto, A., & Sasongko, A. (2021). Otomatisasi Monitoring Metode Budidaya Sistem Hidroponik dengan IoT Berbasis Android MQTT dan Tenaga Surya. *Jurnal Sosial Teknologi*, 1(8), 785-800. Retrieved from sostech.greenvest.co.id.
- Andrade, D. A., Lima, P. M., & Silva, R. R. (2016). Automation of hydroponic systems for precision agriculture: TDS control systems using microcontroller-based technology. *International Journal of Agriculture & Biology*, 18(5), 1200-1205.
- Aswanda, D. (2023). Sistem Monitoring Nutrisi dan Temperatur Suhu pada Tanaman Hidroponik Berbasis IoT dengan Penyaluran Tenaga Surya. Universitas Medan Area.
- Asyari, M., & Kurniawan, A. (2021). Pengembangan Sistem Hidroponik Otomatis-Modern Berbasis Panel Surya dan Baterai. ResearchGate.
- Choi, J. M., Lee, S. S., & Kim, D. K. (2014). Real-time monitoring of hydroponic nutrient solution using TDS and pH sensors for precision agriculture. *Journal of Agricultural Engineering*, 30(3), 1-12.
- Fischer, G., Shah, M., & Srivastava, A. (2018). Energy-efficient and sustainable agriculture practices with integrated solar energy systems. *Renewable Energy*, 120, 162-171.
- Garcia-Lopez, M., Rodriguez, P., & Martinez, J. (2019). Sensor Fusion of pH, EC, and Temperature for Enhanced Nutrient Solution Monitoring in Hydroponics. *Computers and Electronics in Agriculture*, 168, 105123.
- Hernandez, F., Trossero, M., & Paton, A. (2018). Monitoring and controlling nutrient concentration in hydroponic systems using automatic TDS sensors. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 254, 268-275.
- Hidayat, R., & Santoso, B. (2022). Implementasi Logika Fuzzy untuk Kontrol Presisi Nutrisi Hidroponik Selada Berbasis Mikrokontroler ESP32. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, 11(3), 234-242.
- Jones Jr., J. B. (2016). *Hydroponics: A Practical Guide for the Soilless Grower* (2nd ed.). CRC Press.
- Khan, N. A., Alam, S., & Islam, M. S. (2020). Integration of solar energy with hydroponic systems for sustainable urban agriculture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 129, 109-118.

- Kozai, T. (2014). *Plant factory: An indoor vertical farming system for efficient quality food production*. Elsevier Science.
- Li, Z., Li, D., & Zhang, Y. (2017). Solar powered hydroponic system: The development of an integrated energy-efficient approach for greenhouse production. *Energy Reports*, 3, 35-42.
- Maulana, A. R. (2023). *Rancang Bangun Sistem Kontrol Nutrisi Tanaman Hidroponik Berbasis IoT*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Nababan, P., Andromeda, T., & Alvin, Y. A. S. (2020). Sistem Monitoring Hidroponik NFT Berbasis IoT Menggunakan Web Server ThingSpeak. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 9(4), 547-556.
- Nasruddin, F., Guner, O., & Sorensen, P. (2018). The role of solar energy in agricultural applications: Hydroponic and greenhouse integration. *Renewable Energy Applications in Agriculture*, 45(1), 120-130.
- Nugroho, S. A., & Puspitasari, F. (2021). Analisis Kelayakan Ekonomi Penerapan Sistem Hidroponik Otomatis Bertenaga Surya untuk Usaha Skala Kecil Menengah. *Jurnal Agribisnis dan Agroindustri*, 4(1), 55-65.
- Patel, S., Kumar, A., & Lee, J. (2020). A review on solar-powered smart irrigation systems for sustainable agriculture. *Agricultural Water Management*, 239, 106267.
- Pradana, Y. W., & Sulistyono, A. (2020). Pengaruh Variasi Nilai TDS (Total Dissolved Solids) Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Panen Pakcoy (*Brassica rapa L.*) pada Sistem Hidroponik NFT. *Jurnal Produksi Tanaman*, 8(11), 1823-1830.
- Resh, H. M. (2013). *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*. CRC Press.
- Roh, T., Lim, K. K., & Kim, H. J. (2019). Solar energy applications in agricultural production: Economic implications and technical challenges in renewable energy adoption. *Energy Economics*, 75, 1-11.
- Setiawan, D., & Hartati, S. (2023). Model Prediksi Kebutuhan Nutrisi Tanaman Tomat Hidroponik Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Berbasis Data Sensor IoT. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 7(5), 1010-1018.
- Sipayung, A. R., Andromeda, T., & Afrisal, H. (2020). Perancangan Sistem Monitoring dan Pengendalian Nutrisi pada Tanaman Hidroponik Sistem Nutrient Film Technique (NFT) Menggunakan Kontrol PID. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 9(4), 564-573.

- Siregar, B., Efendi, S., Pranoto, H., Ginting, R., & Handayani, U. (2021). Sistem Kontrol dan Monitor Suplai Nutrisi Hidroponik Sistem Deep Flow Technique (DFT) Otomatis. *Jurnal Teknologi Elektro*, 12(2), 81-90.
- van Delden, S. H., SharathKumar, M., Butturini, M., et al. (2021). Current status and future challenges in implementing circular economy for indoor vertical farming. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 114-124.
- Wibowo, A. P. (2022). Optimasi Penggunaan Energi Panel Surya pada Sistem Aerasi Hidroponik Rakit Apung (Deep Water Culture). [Tesis]. Institut Teknologi Bandung.
- Yang, Y., Zhang, Z., & Zhou, X. (2016). Review of energy-efficient and renewable energy systems in hydroponic agriculture. *Energy Procedia*, 106, 202-209.
- Zamora-Izquierdo, M. A., Santa, J., Gomez-Skarmeta, A. F., et al. (2019). Smart farming IoT platform based on edge and cloud computing. *Biosystems Engineering*, 177, 4-17.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Kodingan TDS ESP Program

```

#include<ESP8266WiFi.h>

#include<WiFiClient.h>

#include<ESP8266HTTPClient.h>

#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

String URL =
"http://api.thingspeak.com/update?api_key=N09R71BHHVAEK5L5&field1=";

const char *ssid = "P.BL";

const char *pass = "salampergerakan";

void setup() {

  lcd.init();    // Inisialisasi LCD

  lcd.backlight(); // Nyalakan lampu belakang

  Serial.begin(9600);

  delay(10);

  Serial.println("Connecting to ");

  Serial.println(ssid);

  WiFi.begin(ssid, pass);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {

    delay(500);

```

```
Serial.println("loading");

Serial.print("-");

lcd.setCursor(0, 0);

lcd.print("loading wifi..");

}

Serial.println("");

Serial.println("WiFi connected");

lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print("WiFi connected");

delay (2000);

lcd.setCursor(0, 0);

lcd.print("      ");

lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print("      ");

}

void loop() {

String data_tds ;

if (Serial.available() > 0) {

data_tds = Serial.readStringUntil('\n');

int i1 = data_tds.indexOf(",");

int i2 = data_tds.indexOf(",i1+1);

String sensor1 = data_tds.substring(0, i1);
```

```
String sensor2 = data_tds.substring(i1+1);
```

```
String sensor3 = data_tds.substring(i2+1);
```

```
int mq2 = sensor1.toInt();
```

```
int mq3 = sensor2.toInt();
```

```
int mq4 = sensor3.toInt();
```

```
Serial.print("TDS = ");
```

```
Serial.print(mq2);
```

```
Serial.println(" ppm");
```

```
//int mq2;
```

```
lcd.setCursor(0, 0);
```

```
lcd.print("TDS = ");
```

```
lcd.setCursor(6, 0);
```

```
lcd.print("  ");
```

```
lcd.setCursor(6, 0);
```

```
lcd.print(mq2);
```

```
lcd.setCursor(11, 0);
```

```
lcd.print("ppm");
```

```
if (mq2<250){
```

```
lcd.setCursor(0, 1);
```

```
lcd.print("          ");
```

```
    lcd.setCursor(0, 1);  
    lcd.print("SELONOID ON");  
    }  
    else{  
        lcd.setCursor(0, 1);  
        lcd.print("          ");  
        lcd.setCursor(0, 1);  
        lcd.print("SELONOID OFF");  
        }  
        sendData(mq2);  
    }  
}  
  
void sendData(int mq2) {  
    WiFiClient client;  
    HTTPClient http;  
    String newUrl = URL + String(mq2);  
    http.begin(client, newUrl);  
    int responsecode = http.GET();  
    String data_nose = http.getString();  
    http.end();  
}
```

Lampiran 2 Kodingan TDS Arduino Program

```

#define TdsSensorPin A0
#define relayPin 8

float voltage;
float tdsValue;
float temperature = 25;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(relayPin, OUTPUT);
  pinMode(TdsSensorPin, INPUT);

  digitalWrite(relayPin, LOW);
}

void loop() {
  int sensorValue = analogRead(TdsSensorPin);
  voltage = sensorValue * (3.3 / 1024.0); // Konversi ke volt (pakai 3.3V karena
  ESP8266)

  // Konversi ke nilai TDS (dalam ppm)
  float compensationCoefficient = 1.0 + 0.02 * (temperature - 25.0);
  float compensatedVoltage = voltage / compensationCoefficient;
  tdsValue = (133.42 * pow(compensatedVoltage, 3)
    - 255.86 * pow(compensatedVoltage, 2)
    + 857.39 * compensatedVoltage) * 0.5;
  int hasil;
  hasil = tdsValue;
  Serial.print(hasil);
  Serial.print(",");
  Serial.print(hasil);
  Serial.print(",");
  Serial.println(hasil);
  delay(1000);
  if (tdsValue < 200){
    digitalWrite(relayPin, LOW);
  }
  else {
    digitalWrite(relayPin, HIGH);
  }
}

```

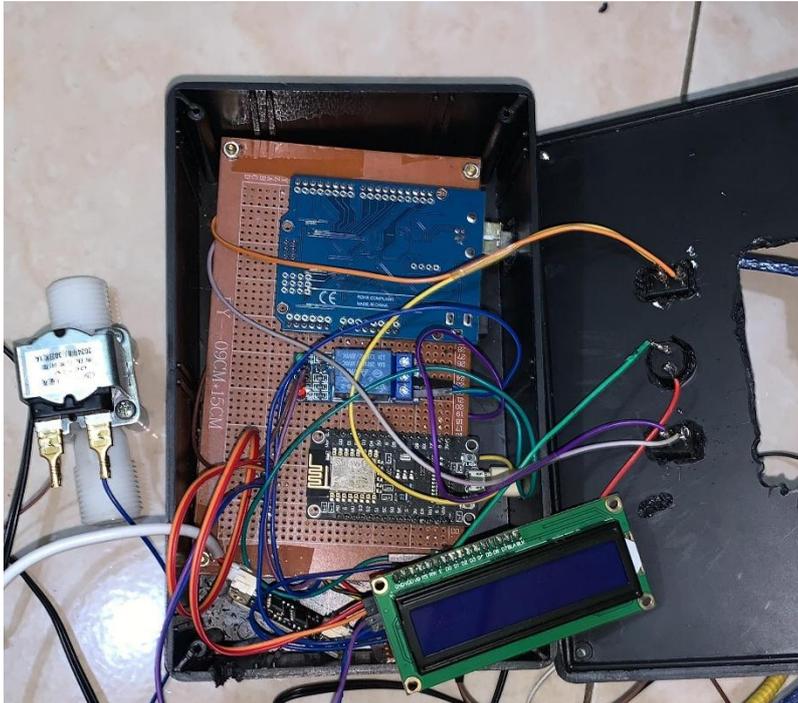
Lampiran 3 Table data hasil Tds meter

No	Waktu	Kadar Nutrisi 500 (ppm)	Kadar Nutrisi 800(ppm)	Kadar Nutrisi 1000 (ppm)
1	08.00.00	501	803	1001
2	08.05.00	408	765	880
3	08.10.00	460	758	862
4	08.15.00	494	793	979
5	08.20.00	505	801	998
6	08.25.00	441	769	1002
7	08.30.00	467	786	989
8	08.35.00	492	780	859
9	08.40.00	503	800	901
10	08.45.00	459	787	980
11	08.50.00	477	780	971
12	08.55.00	497	787	998
13	09.00.00	504	785	1003
14	09.05.00	464	801	881
15	09.10.00	490	780	979

Lampiran 4 Table data hasil Tds sensor

No	Waktu	Kadar Nutrisi 500 (ppm)	Kadar Nutrisi 800(ppm)	Kadar Nutrisi 1000 (ppm)
1	08.00.00	500	800	1000
2	08.05.00	400	762	877
3	08.10.00	456	753	859
4	08.15.00	490	789	976
5	08.20.00	500	800	994
6	08.25.00	437	766	1000
7	08.30.00	460	782	987
8	08.35.00	489	794	856
9	08.40.00	500	800	899
10	08.45.00	456	783	978
11	08.50.00	474	779	968
12	08.55.00	495	769	994
13	09.00.00	500	783	1000
14	09.05.00	460	800	878
15	09.10.00	483	778	975

Lampiran 5 Foto tampak dalam alat rancang



Lampiran 6 Foto tampak luar alat rancang



Lampiran 7 tampilan pada software Thingspeak

The image displays two screenshots of the Thingspeak web interface. The top screenshot shows the 'My Channels' page, and the bottom screenshot shows a specific channel's data visualization.

Top Screenshot: My Channels

The 'My Channels' page features a navigation menu with 'Channels', 'Apps', 'Devices', and 'Support'. A dropdown menu is open under 'Channels', showing options: 'My Channels', 'My Image Channels', 'Watched Channels /tag', and 'Public Channels'. A search bar is present next to the dropdown. Below the menu is a table of channels:

Name	Created	Updated
MONITORING NUTRISI HIDROPONIK BERBASIS SENSOR TDS	2025-05-05	2025-05-22 15:14

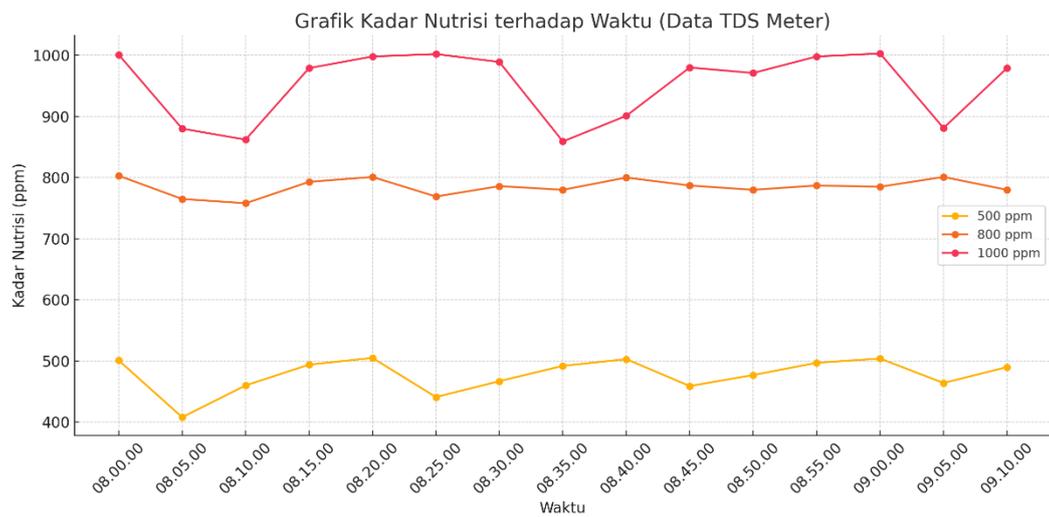
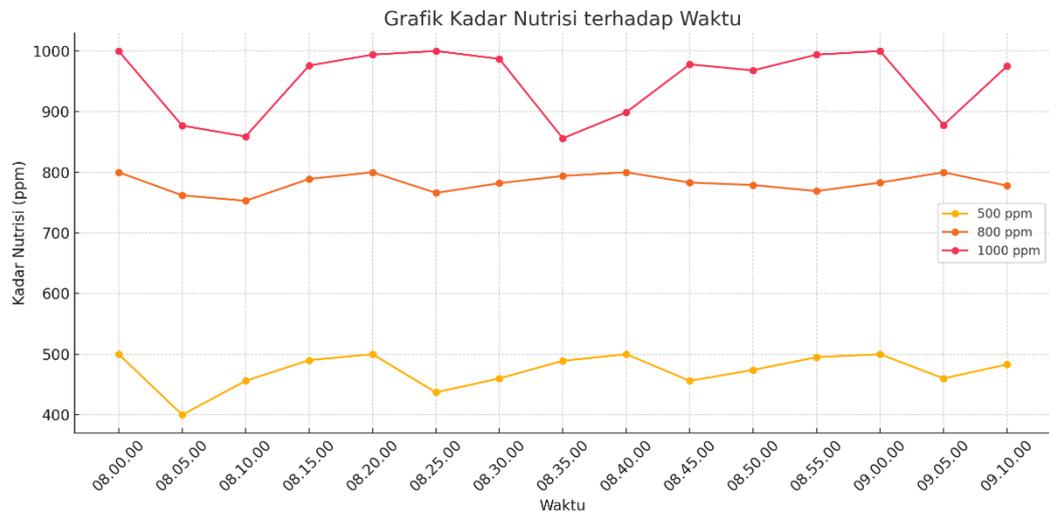
Below the table are buttons for 'Private', 'Public', 'Settings', 'Sharing', 'API Keys', and 'Data Import / Export'. To the right, there is a 'Help' section with instructions on how to create and manage channels, and an 'Examples' section listing various hardware devices like Arduino, ESP8266, and Raspberry Pi.

Bottom Screenshot: Channel Data Visualization

The bottom screenshot shows the 'private_show' page for the channel 'MONITORING NUTRISI HIDROPONIK BERBASIS SENSOR TDS'. It features three main components:

- Field 1 Chart:** A line graph showing 'ppm TDS' on the y-axis (ranging from 100 to 250) against 'Date' on the x-axis (ranging from 21:45 to 22:15). The data shows a fluctuating red line.
- Channel Location:** A map showing the geographical location of the channel, marked with a red pin.
- Ppm:** A large digital display showing the current value of '270' ppm, with a timestamp '4 days ago' below it.

Lampiran 8 Grafik Hasil Tds Meter dan Sensor Tds





JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 210604110045
Nama : MUHAMMAD YOGA BINTANG PRATAMA
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Jurusan : FISIKA
Dosen Pembimbing 1 : FARID SAMSU HANANTO,S.Si., M.T.
Dosen Pembimbing 2 : AHMAD ABTOKHI,M.Pd
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : SISTEM MONITORING DAN PENGATURAN NUTRISI HIDROPONIK MELON BERBASIS SENSOR TOTAL DISSOLVED SOLIDS (TDS) SERTA PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	03 Januari 2024	FARID SAMSU HANANTO,S.Si., M.T.	proses persetujuan terkait seminar proposal dan revisi flow chart dalam bab 3 draft seminar proposa	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
2	06 Januari 2025	FARID SAMSU HANANTO,S.Si., M.T.	proses persetujuan dan finalisasi revisi flow chart	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
3	10 Februari 2025	FARID SAMSU HANANTO,S.Si., M.T.	proses persetujuan draft kompre serta revisi minor terkait beberapa kesalahan kepenulisan	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
4	08 April 2025	FARID SAMSU HANANTO,S.Si., M.T.	melakukan sharing terkait prototipe alat	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
5	16 April 2025	FARID SAMSU HANANTO,S.Si., M.T.	sharing hasil perancangan prototipe	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
6	16 April 2025	AHMAD ABTOKHI,M.Pd	konsultasi terkait revisi pada ujian kompre	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
7	30 April 2025	FARID SAMSU HANANTO,S.Si., M.T.	melaksanakan bimbingan dalam pembahasan bab 4	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
8	27 Mei 2025	FARID SAMSU HANANTO,S.Si., M.T.	melakukan finalisasi draft Seminar Hasil	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
9	27 Mei 2025	AHMAD ABTOKHI,M.Pd	konsultasi bimbingan terkait bab 4 pada sub integrasi	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui
Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

AHMAD ABTOKHI,M.Pd

Malang, 27 Mei 2025

Dosen Pembimbing 1

FARID SAMSU HANANTO,S.Si., M.T.

