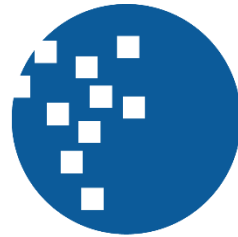


**SISTEM REKOMENDASI JENIS TANAMAN BERBASIS  
INTERNET OF THINGS (IOT) BERDASARKAN ANALISA  
KESUBURAN LAHAN TANAH.**



**UMN**  
UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA

**TUGAS AKHIR**

**MUHAMMAD ADRIAN MAULANA**

**00000042312**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER  
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA  
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA  
TANGERANG**

**2026**

**SISTEM REKOMENDASI JENIS TANAMAN BERBASIS  
INTERNET OF THINGS (IOT) BERDASARKAN ANALISA  
KESUBURAN LAHAN TANAH.**



Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh

Gelar Sarjana Teknik Komputer

**MUHAMMAD ADRIAN MAULANA**

**00000042312**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER  
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA  
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA**

**TANGERANG**

**2026**

**i**

Sistem Rekomendasi Jenis Tanaman Berbasis Internet of Things (IoT) Berdasarkan Analisa  
Kesuburan Lahan Tanah, Muhammad Adrian Maulana, Universitas Multimedia Nusantara

## HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Dengan ini saya,

Nama : Muhammad Adrian Maulana

Nomor Induk Mahasiswa : 00000042312

Program Studi : Teknik Komputer

Skripsi dengan judul:

Sistem rekomendasi jenis tanaman berbasis internet of things (IoT) berdasarkan analisa kesuburan lahan tanah, merupakan hasil karya saya sendiri bukan plagiat dari laporan karya tulis ilmiah yang ditulis oleh orang lain, dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar serta dicantumkan di Daftar Pustaka.

Jika di kemudian hari terbukti ditemukan kecurangan/penyimpangan, baik dalam pelaksanaan maupun dalam penulisan laporan karya tulis ilmiah, saya bersedia menerima konsekuensi dinyatakan TIDAK LULUS untuk mata kuliah yang telah saya tempuh.

Tangerang, 6 Januari 2026

UMN  
UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA



Muhammad Adrian Maulana

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir dengan judul  
Sistem Rekomendasi Jenis Tanaman Berbasis (IoT) Internet of Things  
Berdasarkan Analisa Kesuburan Lahan Tanah


Oleh

Nama : Muhammad Adrian Maulana  
NIM : 00000042312  
Program Studi : Teknik Komputer  
Fakultas : Teknik dan Informatika


Telah disetujui untuk diajukan pada  
Sidang Ujian Tugas Akhir Universitas Multimedia Nusantara

Tangerang, 6 Januari 2026

Pembimbing

  
Dareen Kusuma Halim, S.Kom., M.Eng.Sc.  
0317129202

Ketua Program Studi Teknik Komputer.

  
Samuel, M.T.I.  
0304038902

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul

SISTEM REKOMENDASI JENIS TANAMAN BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) BERDASARKAN ANALISA KESUBURAN LAHAN TANAH

Oleh

Nama : Muhammad Adrian Maulana  
NIM : 00000042312  
Program Studi : Teknik Komputer  
Fakultas : Teknik dan Informatika

Telah diujikan pada hari Jumat, 9 Januari 2026

Pukul 15.00 s.d 17.00 dan dinyatakan

LULUS

Dengan susunan penguji sebagai berikut.

Ketua Sidang

Penguji

  
Samuel Hutagalung, M.T.I  
0304038902

  
Nabila Husna Shabrina, S.T., M.T  
0321099301

Pembimbing

  
Dareen Kusuma Halim, S.Kom., M.Eng.Sc.  
0317129202

Ketua Program Studi Teknik Komputer.

  
Samuel Hutagalung, M.T.I  
0304038902

## HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Adrian Maulana  
NIM : 00000042312  
Program Studi : Teknik Komputer  
Jenjang : S1  
Judul Karya Ilmiah : Sistem rekomendasi jenis tanaman berbasis internet of things (IoT) berdasarkan analisa kesuburan lahan tanah

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa saya bersedia (**pilih salah satu**):

- ☒ Saya bersedia memberikan izin sepenuhnya kepada Universitas Multimedia Nusantara untuk mempublikasikan hasil karya ilmiah saya ke dalam repositori Knowledge Center sehingga dapat diakses oleh Sivitas Akademika UMN/Publik. Saya menyatakan bahwa karya ilmiah yang saya buat tidak mengandung data yang bersifat konfidensial.
- ☐ Saya tidak bersedia mempublikasikan hasil karya ilmiah ini ke dalam repositori Knowledge Center, dikarenakan: dalam proses pengajuan publikasi ke jurnal/konferensi nasional/internasional (dibuktikan dengan *letter of acceptance*) \*\*.
- ☐ Lainnya, pilih salah satu:
  - ☐ Hanya dapat diakses secara internal Universitas Multimedia Nusantara
  - ☐ Embargo publikasi karya ilmiah dalam kurun waktu 3 tahun.

Tangerang, 6 Januari 2026

UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA



(Muhammad Adrian Maulana )

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya, Tugas Akhir ini dapat diselesaikan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan serta sebagai bentuk penerapan ilmu pengetahuan yang telah diperoleh selama masa perkuliahan. Penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan mendukung penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, yang akan disebutkan secara rinci sebagai berikut:

1. Ir. Andrey Andoko, M.Sc., Ph.D, selaku Rektor Universitas Multimedia Nusantara.
2. Dr. Eng. Niki Prastomo, S.T., M.Sc., selaku Dekan Teknik dan Informatika, Universitas Multimedia Nusantara.
3. Samuel Hutagalung, M.T.I., selaku Ketua Program Studi Teknik Komputer, Universitas Multimedia Nusantara.
4. Dareen Kusuma Halim, S.Kom., M.Eng.Sc., selaku Pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi sehingga terselesainya tugas akhir ini.
5. Tri Saksono, Sp, selaku Pranata Humas Badan Perakitan dan Modernisasi pertanian.
6. Keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

penulis berharap hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan teknologi pertanian, serta dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Tangerang, 6 Januari 2026

UMN  
UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA



Muhammad Adrian Maulana

# SISTEM REKOMENDASI JENIS TANAMAN BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) BERDASARKAN ANALISA KESUBURAN LAHAN TANAH.

Muhammad Adrian Maulana

## ABSTRAK

Kualitas tanah merupakan faktor utama dalam menentukan keberhasilan budidaya tanaman, namun banyak petani belum melakukan pengujian tanah secara rutin karena keterbatasan alat, biaya, serta belum tersedianya sistem yang praktis untuk membantu menentukan kualitas tanah dan rekomendasi tanaman yang sesuai. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji perangkat berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu mengukur parameter suhu tanah, kelembaban tanah, dan pH tanah, serta memberikan rekomendasi tanaman berdasarkan hasil pengukuran tersebut. Metode penelitian meliputi perancangan perangkat IoT berbasis sensor tanah, pengujian fungsionalitas sistem, pengujian akurasi dengan membandingkan hasil pengukuran perangkat IoT terhadap alat standar milik BRMP, serta *User Acceptance Testing* (UAT) untuk mengevaluasi tingkat penerimaan petani sebagai pengguna akhir. Pengujian akurasi dilakukan pada tiga jenis lahan tanaman, yaitu kangkung, cabai, dan melon, dengan skala sampling 5, 10, dan 15 titik pengukuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perangkat IoT memiliki tingkat akurasi yang baik dengan selisih rata-rata pH tanah sekitar  $\pm 0,1$  dibandingkan alat BRMP, khususnya pada pengujian dengan 10–15 titik sampling. Selain itu, hasil UAT menunjukkan tingkat penerimaan petani sebesar 90,56%, yang menandakan bahwa perangkat mudah digunakan, informatif, dan bermanfaat dalam mendukung pengambilan keputusan penanaman.

**Kata kunci:** Internet of Things, kualitas tanah, pertanian, User Acceptance Testing



# INTERNET OF THINGS (IOT)-BASED PLANTS RECOMMENDATION SYSTEM BASED ON SOIL FERTILITY ANALYSIS

Muhammad Adrian Maulana

## ***ABSTRACT (English)***

*Soil quality is a critical factor in determining the success of crop cultivation; however, many farmers do not routinely conduct soil testing due to limited access to tools, high testing costs, and the absence of practical systems to support soil quality assessment and crop selection. This study aims to design and evaluate an Internet of Things (IoT)-based device capable of measuring soil temperature, soil moisture, and soil pH, and providing crop recommendations based on the measured parameters. The research methodology includes the design and implementation of a sensor-based IoT device, functional testing of the system, accuracy testing by comparing the device measurements with standard equipment owned by BRMP, and User Acceptance Testing (UAT) to assess farmers' acceptance as end users. Accuracy testing was conducted on three types of agricultural land—water spinach, chili, and melon—using three sampling scales of 5, 10, and 15 measurement points. The results indicate that the developed IoT device demonstrates high accuracy, with an average soil pH deviation of approximately  $\pm 0.1$  compared to the BRMP reference instrument, particularly when using 10–15 sampling points. Furthermore, UAT results show a user acceptance rate of 90.56%, indicating that farmers perceive the device as easy to use, informative, and beneficial for supporting planting decisions. These findings suggest that the proposed IoT-based soil testing device is valid, reliable, and has strong potential to serve as an alternative to conventional soil testing tools for farmers.*

**Keywords:** *agriculture, Internet of Things, soil quality, User Acceptance Testing*

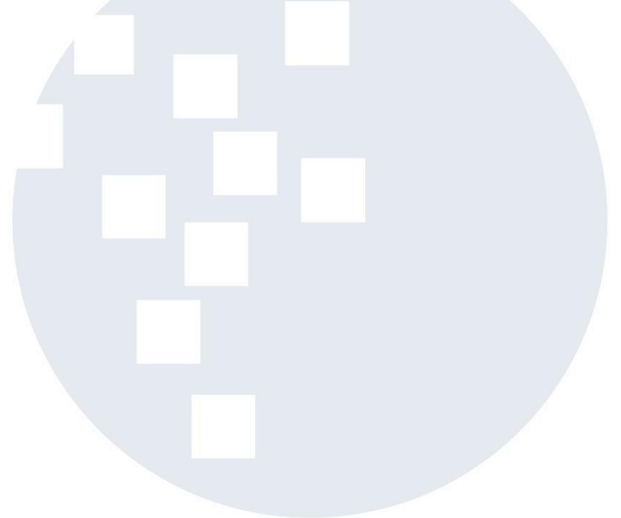
## DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	v
ABSTRAK .....	vii
<i>ABSTRACT (English)</i> .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Pertanyaan Penelitian .....	6
1.3 Batasan Penelitian .....	6
1.4 Tujuan Penelitian .....	7
1.5 Manfaat Penelitian .....	7
1.6 Sistematika Penulisan .....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	9
2.1 Justifikasi Solusi .....	9
2.1.1 Soil pH and Plant Nutrition. In Soil Science: Fundamentals to Recent Advances [15] .....	9
2.1.2 Analisis Lahan dan Rekomendasi Tanaman Pada Sistem Pertanian Cerdas Berbasis IoT [16] .....	9
2.1.3 Inovasi Uji Tanah: Pengambilan Keputusan Petani [17] .....	10
2.2 Tinjauan Teori .....	11
2.2.1 Internet of Things (IoT) .....	11
2.2.2 IoT dalam bidang pertanian .....	12
2.2.3 ESP32 .....	13
2.2.4 Sensor DS18B20 .....	14

2.2.5	Sensor Capacitive soil moisture .....	15
2.2.6	Sensor pH tanah .....	16
2.2.7	ESP32 Web Server Access Point.....	16
2.2.8	Parameter Karakteristik Tanah .....	17
<b>BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM.....</b>		<b>18</b>
3.1	Perancangan Solusi .....	18
3.2	Metode Penelitian .....	19
3.3	Studi literatur .....	20
3.4	Identifikasi masalah .....	20
3.5	Perancangan sistem.....	21
3.5.1	Perancangan Hardware.....	21
3.5.2	Perancangan Aplikasi .....	23
3.6	Perancangan Pengujian .....	24
3.6.1	Perancangan Pengujian Fungsionalitas .....	24
3.6.2	Perancangan Pengujian Akurasi .....	25
3.6.3	Perancangan User Acceptance Test (UAT) .....	26
<b>BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM .....</b>		<b>28</b>
4.1	Spesifikasi Sistem .....	28
4.1.1	Spesifikasi Hardware Laptop Penulis .....	28
4.1.2	Spesifikasi Hardware Arduino IDE .....	28
4.2	Implementasi Solusi .....	29
4.2.1	Implementasi Hardware.....	29
4.2.2	Implementasi Software .....	31
4.3	Pengujian dan Analisis Solusi .....	38
4.3.1	Pengujian Fungsionalitas .....	38
4.3.2	Pengujian Akurasi.....	40
4.3.3	User Acceptance Testing (UAT) .....	45
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>49</b>
5.1	Kesimpulan .....	49
5.2	Saran .....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>53</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>57</b>

## DAFTAR TABEL

<i>Tabel 2.1 Parameter Rekomendasi Tanaman .....</i>	<i>17</i>
<i>Tabel 4.1 Logika sederhana pemograman rekomendasi tanaman .....</i>	<i>35</i>
<i>Tabel 4.2 Perbandingan rata-rata pH pada lahan BRMP .....</i>	<i>42</i>
<i>Tabel 4.3 Tabel data kuesioner UAT petani di BPP caringin. ....</i>	<i>46</i>



UMN  
UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA

## DAFTAR GAMBAR

<i>Gambar 2. 1 Mikrokontroler ESP32 .....</i>	13
<i>Gambar 2. 1 Sensor DS18B20 .....</i>	14
<i>Gambar 2. 2 Sensor Capacitive Soil Moisture.....</i>	15
<i>Gambar 2. 3 Sensor pH Tanah .....</i>	16
<i>Gambar 3. 1 Flow Penelitian.....</i>	19
<i>Gambar 3. 2 Contoh Lahan Dengan Pertumbuhan Yang Tidak Merata .....</i>	21
<i>Gambar 3. 3 Rangkaian Perangkat Internet of Things (IoT).....</i>	22
<i>Gambar 3. 4 Flow WiFi Access Point.....</i>	23
<i>Gambar 4. 1 Flowchart Rancangan Sistem Perangkat .....</i>	30
<i>Gambar 4. 2 Rangkaian di dalam kotak Perangkat IoT .....</i>	31
<i>Gambar 4. 3 Inisialisasi dan library program .....</i>	32
<i>Gambar 4. 4 program kalibrasi sensor kelembaban dan sensor pH RS485 .....</i>	33
<i>Gambar 4. 5 timer dan tampilan data sensor untuk OLED display .....</i>	33
<i>Gambar 4. 6 Output OLED .....</i>	34
<i>Gambar 4. 7 program web server wifi access point .....</i>	34
<i>Gambar 4. 8 program implementasi web server.....</i>	36
<i>Gambar 4. 9 interface website .....</i>	37
<i>Gambar 4. 10 Diagram flow website local Access point .....</i>	38
<i>Gambar 4. 11 percobaan pertama memasukan sensor ke tanah .....</i>	39
<i>Gambar 4. 12 hasil percobaan pertama perangkat IoT pada lahan tanah perumahan dinas korem 052 .....</i>	40
<i>Gambar 4. 13 percobaan perbandingan akurasi perangkat pada lahan kangkung di BRMP.....</i>	40
<i>Gambar 4. 14 hasil percobaan akurasi perangkat milik penulis di lahan kangkung BRMP .....</i>	41
<i>Gambar 4. 15 Grafik sebaran sampel pH di lahan kangkung .....</i>	43
<i>Gambar 4. 16 Grafik sebaran sampel pH di lahan cabai.....</i>	44
<i>Gambar 4. 17 Grafik sebaran sampel pH di lahan melon .....</i>	44
<i>Gambar 4. 18 percobaan UAT ke petani di daerah pertanian BPP caringin bersama petani.....</i>	46

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Hasil Pengecekan Turnitin.....	57
Lampiran B. Formulir Konsultasi Skripsi.....	61
Lampiran C. Daftar Penggunaan Ai.....	62



UMN  
UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Tanah bukanlah sekadar entitas fisik, melainkan ekosistem dinamis yang menyediakan unsur hara, air, dan penopang bagi perakaran tanaman. Parameter seperti pH, suhu, dan kelembaban tanah secara langsung memengaruhi penyerapan nutrisi dan pertumbuhan tanaman. Jika terjadi ketidakseimbangan pada parameter tersebut, maka dapat terjadi penurunan produktivitas dan kualitas tanaman. Kondisi tanah yang tidak optimal dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan, serangan hama, hingga kegagalan panen.[1] Kualitas dan kesuburan tanah menjadi faktor penentu utama bagi kuantitas dan kualitas hasil panen. Dengan hasil panen yang berkualitas, petani dapat memperoleh nilai jual yang lebih tinggi, yang pada gilirannya akan meningkatkan kesejahteraan mereka dan mendorong keberlanjutan sektor pertanian. Meskipun demikian, pertanian Indonesia menghadapi tantangan serius terkait degradasi lahan. Praktik pertanian intensif yang tidak diimbangi oleh upaya konservasi telah menyebabkan penurunan kesuburan tanah di banyak wilayah. Sebuah studi oleh Ratmini dkk. (2021) menyoroti bahwa alih fungsi lahan dan pengelolaan yang kurang tepat menjadi penyebab utama penurunan kualitas tanah di berbagai sentra produksi pertanian Indonesia. Kondisi ini mendesak adanya inovasi dan pendekatan baru dalam pengelolaan lahan agar potensi pertanian nasional dapat dioptimalkan.[2]

Namun banyak mayoritas daerah di Indonesia yang mengadopsi praktik budidaya pertanian yang masih didominasi dengan pendekatan yang masih tradisional dan pengalaman turun-temurun tanpa dukungan data uji tanah yang memadai. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh hasan dkk (2024) para petani di desa panaikang, kecamatan minasatane, kabupaten pangkep, cenderung tidak mengetahui terhadap masalah kesuburan tanah yang dapat menjadi salah satu penyebab utama menurunnya hasil produksi pertanian. Studi tersebut menemukan bahwa sebagian besar petani belum menyadari pentingnya parameter seperti pH, N (Nitrogen), P (Fosfor), dan K (Kalium) dalam tanah sawah mereka, sehingga

mereka tidak dapat merencanakan tindakan perbaikan kesuburan tanah secara tepat.[3]

Berdasarkan observasi lapangan yang dilakukan penulis di wilayah Legok, Serpong, dan BSD, ditemukan bahwa banyak petani mengalami hasil panen yang tidak optimal. Masalah ini berakar pada kuatnya ketergantungan pada metode pertanian tradisional turun-temurun yang seringkali mengabaikan parameter ilmiah krusial, terutama kesesuaian pH tanah. Terungkap bahwa mayoritas petani kurang memiliki pengetahuan yang cukup mengenai pH tanah dan dampaknya terhadap penyerapan nutrisi tanaman. Perilaku ini didorong oleh motivasi untuk segera panen demi keuntungan jangka pendek, sehingga kesehatan lahan tidak menjadi prioritas. Akibatnya, praktik pemupukan menjadi tidak efisien dan seringkali berlebihan atau kurang karena hanya berdasarkan kebiasaan, bukan kebutuhan yang diperlukan tanah. Kondisi ini menciptakan sebuah siklus yang merugikan. Penggunaan pupuk menjadi sia-sia karena pH tanah yang tidak sesuai akan menghambat penyerapan nutrisi oleh tanaman, sebanyak apa pun pupuk yang diberikan [4]. Hal ini sejalan dengan penelitian yang mengonfirmasi bahwa rendahnya pengetahuan teknis menjadi penghalang utama produktivitas petani di Indonesia (Purwanto dkk., 2021). Kombinasi antara metode tradisional, kesenjangan pengetahuan tentang kesehatan tanah, dan orientasi ekonomi jangka pendek telah menyebabkan produktivitas yang stagnan dan merugikan petani di wilayah tersebut.[5]

Berdasarkan observasi lanjutan dan koordinasi dengan Balai Penyuluhan Pertanian (BPP) Caringin, kabupaten Tangerang, terdapat 20 petani aktif yang dipekerjakan oleh BPP terbagi dari beberapa kelompok tani. Kelompok tani ini merupakan petani-petani lokal yang membudidayakan beberapa lahan tanaman yang dimiliki BPP Caringin, dengan rentang usia 28 sampai 60 tahun dengan pengalaman yang beragam. Sebagian petani disana cenderung mengikuti arahan dari penyuluh BPP dalam membudidayakan lahan pertanian dan sebagian ada yang masih mengandalkan intuisi dan pengalaman dalam menentukan jenis tanaman dan pemupukan. Dalam wawancara yang dilakukan penulis, para petani di BPP kerap memiliki masalah yang sama yaitu kesulitan dalam menentukan kesesuaian tanaman terhadap kondisi lahan secara mandiri dan masih perlu bantuan penyuluh.



Adapula petani yang memiliki masalah dengan hasil cocok tanam mereka yang tidak merata. Oleh karena itu, dari 20 petani di BPP ini merepresentasikan permasalahan nyata di lapangan dan menjadi target utama penerapan sistem IoT yang dikembangkan, sekaligus sebagai responden dalam pengujian penerimaan pengguna *User Acceptance Testing* (UAT) yang dibahas pada Bab IV.

Faktor-faktor yang dijelaskan di diatas banyak belum diketahui oleh petani yang membuat para petani kesulitan dalam menentukan jenis tanaman yang tepat untuk ditanam, sehingga untuk dapat menanam tanaman yang di inginkan, petani memberikan pupuk yang tidak jarang cenderung tidak sesuai proporsi kondisi tanah. Sayangnya, banyak petani yang tidak menyadari akan kondisi tanahnya yang memburuk. Sejatinya, pada saat mengelola usahatannya, petani perlu mengetahui kondisi kualitas tanahnya. Melakukan pengujian kualitas tanah secara periodik diperlukan untuk mengetahui kapasitas tanah agar dapat digunakan untuk saat ini dan masa mendatang.

Cara yang paling akurat dan mudah bagi petani untuk menguji kesuburan tanah yaitu dengan penggunaan PUTS (Perangkat Uji Tanah Soil Test kit). Dalam prakteknya sendiri, banyak petani yang merasa telah memahami pentingnya pengukuran kesehatan tanah dan tergerak akan menggunakan PUTS. Namun harganya yang mahal dan alat serta bahan yang sulit didapatkan membuat petani kurang percaya diri untuk menggunakannya.[6] PUTS sendiri, dirancang untuk mengukur parameter kesuburan tanah yang berfokus pada N (Nitrogen), P (Fosfor), K (Kalium) dan pH. Teknis pengukuran dari PUTS memerlukan sampel tanah yang dicampur dengan larutan ekstraksi kit yang membuat reaksi kimia antara ion (N, P, K) dan reagen menghasilkan perubahan warna atau endapan yang proporsional dengan konsentrasi unsur. Pembacaan dilakukan secara colorimetric (membandingkan warna hasil reaksi dengan skala warna pada kartu panduan) [7].

Penggunaan PUTS relatif lebih murah jika dihitung secara per pengujian dibandingkan analisis total di laboratorium karena dapat digunakan langsung di lapangan. Petani dapat memahami penggunaan nya lewat pelatihan atau penyulihan tentang panduan menggunakan PUTS. Tapi pada nyatanya, penggunaan PUTS bergantung pada reagen kimia yang harus di isi ulang dan memiliki umur simpan

tertentu yang menjadikan nya suatu hambatan utama bagi petani untuk dipakai secara jangka panjang. Secara akurasi dan kuantifikasi, metode colorimetric lapangan lebih rentan terhadap kesalahan pembacaan warna (subjektif), kondisi pencahayaan, dan kurang sensitif dibanding analisis laboratorium instrument (ICP, spektrofotometer) [8]. Dan untuk memahami penggunaan PUTS diperlukan pelatihan dan pendampingan, seperti contohnya studi lapangan di yogyakarta menunjukkan pelatihan satu sampai dua hari dapat meningkatkan pengetahuan penggunaan PUTS tapi belum cukup untuk menumbuhkan kemandirian pada petani dalam menggunakan PUTS. Perihal tersebut membuat Petani masih sering membutuhkan pendampingan lanjutan dan menjadi hambatan non-teknis yang membuat petani sungkan menggunakan PUTS [9].

Di sisi lain, pengujian kesuburan tanah dengan pendekatan menggunakan IoT (Internet of Things) membaca parameter nya dengan menggunakan sensor elektronik yang ditempatkan di tanah untuk membaca parameter secara elektrik/elektro-fisik dan mengirim data real-time ke platform (mikrokontroler + modul komunikasi, server/ dashboard). Parameter yang paling umum di ambil dengan penggunaan sensor IoT seperti soil moisture (kelembaban), soil temperature (thermistor/DS18B20), soil pH (probe elektrode pH), serta ada penelitian yang mencoba mengestimasi NPK menggunakan sensor ion-selective electrodes, elektroda konduktivitas (EC), atau sensor komersial NPK [10]. Pendekatan IoT terhadap sektor pertanian juga memiliki hambatan tersendiri terhadap lingkungan dan pengguna nya, khususnya petani. Hambatan yang paling sering terjadi dalam penggunaan IoT di sektor pertanian adalah akses internet, dan biaya awal yang cukup mahal, serta keraguan petani pada tingkat akurasi sensor dalam memberikan indikasi parameter yang masih belum setara akurat dengan analisis kimia di laboratorium secara manual atau menggunakan PUTS, khususnya dalam membaca parameter unsur NPK tanah. walaupun begitu penggunaan sensor dalam IoT secara statistik lebih unggul dalam membaca parameter yang lain seperti parameter suhu, kelembaban, dan pH tanah. sensor IoT lebih unggul dalam membaca parameter tersebut [11].

Keunggulan dari sensor IoT tersebut disebabkan karena sifat alami tanah yang tingkat kesuburannya dapat berubah-ubah mengikuti iklim dan perubahan kandungan mineral yang terkandung di dalam tanah mengikuti lingkungan sekitar dan perawatannya. Penggunaan sistem IoT dalam sektor pertanian dapat dilakukan secara kontinu dan real-time yang memungkinkan petani dapat memantau kondisi lahan setiap saat. Karena keunggulan sistem IoT dapat memberikan data monitoring lahan yang terkini, memungkinkan petani manajemen pemberian air, dan pupuk pada lokasi dan waktu yang diperlukan. Dengan begitu petani dapat mengurangi beban kerja dan mengefisiensi penggunaan air dan pupuk secara berkala, serta dapat meningkatkan produksi dan kualitas tanaman yang lebih baik [12].

Dengan mengacu pada tantangan dan masalah yang dihadapi oleh para petani sebelumnya, penulis menawarkan sebuah solusi dengan melakukan pendekatan dengan menggunakan IoT melalui pengumpulan data kesuburan tanah dengan pemanfaatan sensor suhu untuk mengukur suhu di dalam tanah, sensor kelembaban untuk mengukur kelembaban tanah, dan penggunaan sensor pH untuk menentukan range pH tanah. Ketiga poin tersebut akan diambil dan di kalkulasi untuk mendapatkan rekomendasi tanaman terbaik untuk ditanam lahan tanah tersebut, dengan mencantumkan *output* hasil pengukuran seperti parameter suhu, kelembaban, dan range pH suatu lahan tanah. Hasil yang ingin dicapai oleh penulis pada penelitian ini yaitu dengan pendekatan implementasi perangkat IoT dapat bermanfaat bagi petani untuk menjawab masalah dan membantu petani untuk mendapat hasil pertanian yang lebih baik berdasarkan kualitas tanah yang diuji oleh perangkat IoT.

Sebagai salah satu wilayah penyangga ibu kota, wilayah Legok, Serpong, dan BSD di provinsi Banten memiliki peran sebagai sentra produksi hortikultura untuk memenuhi permintaan pasar Jabodetabek. Analisis data dari jurnal relevan selama tiga tahun terakhir, yang divalidasi melalui wawancara mendalam dengan pakar dari Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, menunjukkan empat komoditas utama yang dominan dibudidayakan, yaitu bayam, cabai, kangkung, dan melon.[13]

Fokus pada komoditas ini sangat relevan mengingat tingginya permintaan pasar dan nilai ekonominya. Hal ini didukung oleh data serial dari Badan Pusat Statistik (BPS) dalam tiga tahun terakhir, yang secara konsisten menyoroti pentingnya subsektor hortikultura, khususnya sayuran daun dan cabai, sebagai kontributor signifikan bagi perekonomian pertanian di tingkat kabupaten/kota maupun provinsi (BPS, 2023; 2024; 2025). Data tersebut mengonfirmasi bahwa komoditas-komoditas ini merupakan pilihan strategis bagi petani di wilayah Legok, Serpong, dan BSD yang menargetkan pasar perkotaan yang dinamis.[14]

## **1.2 Pertanyaan Penelitian**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan diatas, rumusan identifikasi masalah pada penelitian ini terdiri dari pertanyaan penelitian berikut, yaitu:

1. Bagaimana penerapan teknologi IoT dapat digunakan menjadi solusi untuk menganalisis kesuburan tanah berdasarkan parameter pH, suhu, dan kelembaban serta menghasilkan rekomendasi jenis tanaman yang sesuai dengan kondisi lahan petani?
2. Bagaimana tingkat keandalan dan konsistensi perangkat IoT yang dikembangkan dalam mengukur parameter tanah di banding dengan alat yang memiliki fungsi serupa?
3. Bagaimana tingkat penerimaan petani terhadap perangkat IoT yang dikembangkan ditinjau dari aspek fungsionalitas, kemudahan penggunaan, dan manfaat dalam mendukung penentuan kualitas tanah dan keputusan pertanian?

## **1.3 Batasan Penelitian**

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah disebutkan diatas, berikut merupakan batasan masalah dari penelitian ini:

1. Penelitian yang dilakukan difokuskan dengan kondisi tanah yang berada di sekitar daerah Legok, Serpong, dan BSD.
2. Parameter kesuburan tanah yang diukur dan dianalisis hanya terbatas pada tiga aspek, yaitu suhu tanah, kelembaban tanah, dan tingkat keasaman (pH) tanah.

3. Rekomendasi tanaman yang menjadi opsi pilihan tanaman yang dihasilkan oleh sistem yang dibuat penulis dibatasi pada empat jenis tanaman, yaitu bayam, cabai, kangkung, dan melon.
4. Pengujian penelitian ini hanya menggunakan teknik pendeteksian kesuburan tanah yang diambil dengan cara memasukan ujung sensor ke dalam tanah
5. Pengujian akurasi dengan multi sampling di lahan kangkung dan cabai hanya dilakukan pada sisi samping lahan secara memanjang.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membangun sebuah perangkat IoT yang mampu melakukan analisa data suhu, kelembaban, dan pH tanah untuk memudahkan petani lokal dalam membuat keputusan penanaman jenis tanaman yang lebih baik untuk ditanam di lingkungan lahan tanah berdasarkan kondisi actual parameter suhu, kelembaban, dan pH lahan mereka.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat didapatkan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menyediakan sebuah alat bantu praktis berbasis IoT lahan guna membantu petani untuk menentukan rekomendasi tanaman yang paling sesuai dengan kondisi lahan, sehingga mengurangi risiko gagal panen dan berpotensi meningkatkan pendapatan petani.
2. Menjadi model referensi ilmiah yang dapat direplikasi dan menjadi bahan pertimbangan dalam merumuskan kebijakan terkait modernisasi dan digitalisasi penerapan IoT pada sektor pertanian Indonesia.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Laporan penelitian ini disusun dengan beberapa bagian untuk mempermudah pembacaan dan pemahaman pada bahasan penelitian ini.

1. Bab 1 akan membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, Batasan penelitian, tujuan penelitian, dan manfaat dari penelitian yang dilakukan oleh penulis.

2. Bab 2 akan membahas tentang penulis melakukan pencarian dan mempelajari penelitian terdahulu yang terkait pada penelitian yang akan dilakukan guna untuk referensi penelitian dan perbaikan untuk mengoptimalkan sistem yang akan dibuat oleh penulis. Selain itu akan dibahas juga deskripsi dari teknologi yang akan dipakai oleh penulis.
3. Bab 3 akan membahas tentang penulis melakukan perancangan umum dari keseluruhan sistem yang akan dibuat oleh penulis, mulai dari arsitektur sistem, cara kerja, dan sub sistem yang akan diimplementasikan.
4. Bab 4 akan membahas tentang penulis melakukan implementasi dan pengujian pada sistem penelitian yang sudah dibuat. Berisi juga tentang kendala dan solusi terhadap masalah saat proses implementasi yang dilakukan oleh penulis.
5. Bab 5 akan membahas tentang kesimpulan beserta saran saran terhadap penelitian selanjutnya berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh penulis.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Justifikasi Solusi

Penelitian yang dibuat oleh penulis mengambil dari beberapa sumber penelitian terkait dengan rancang bangun alat Internet of Things (IoT) yang mengambil di bidang pertanian

##### **2.1.1 Soil pH and Plant Nutrition. In Soil Science: Fundamentals to Recent Advances [15]**

Penelitian ini menunjukkan bahwa kesuburan tanah ditentukan oleh interaksi kompleks, Di antara berbagai faktor, tiga parameter yang paling krusial dan secara langsung dapat dimonitor adalah pH, suhu, dan kelembaban tanah. pH tanah adalah regulator utama ketersediaan unsur hara. Setiap tanaman memiliki rentang pH spesifik untuk pertumbuhan optimal, di mana penyerapan nutrisi esensial seperti Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) berada pada level tertinggi. Ada juga Suhu tanah berpengaruh vital terhadap proses perkecambahan, laju pertumbuhan akar, dan aktivitas mikroorganisme tanah yang mendekomposisi bahan organik. Suhu yang fluktuatif atau ekstrem dapat menyebabkan stres pada tanaman.[6] Walaupun begitu ketiga faktor tersebut banyak tidak ketahui oleh petani yang membuat para petani kesulitan dalam menentukan jenis tanaman yang tepat untuk ditanam, sehingga dapat menyebabkan hasil produksi yang tidak maksimal yang disebabkan oleh faktor seperti kadar pH yang berubah-ubah, kelembaban tanah yang berlebihan atau kurang, suhu panas yang tinggi atau fluktuasi cuaca [7].

##### **2.1.2 Analisis Lahan dan Rekomendasi Tanaman Pada Sistem Pertanian Cerdas Berbasis IoT [16]**

Penelitian ini membuktikan kelayakan penggunaan teknologi IoT dengan metode *Fuzzy Logic* untuk memberikan rekomendasi tanaman di



daerah Kampung Durian Tarung, yang terletak di kelurahan Pasar Ambacang, kecamatan Kuranji, kota Padang, provinsi Sumatera Barat. Masalah utama penelitian tersebut adalah keterbatasan informasi mengenai kondisi lahan dan kesulitan dalam menentukan jenis tanaman yang tepat, yang seringkali hanya bergantung pada kebiasaan dan perkiraan sehingga hasil produksi menjadi tidak maksimal. Hasil dari uji coba purwarupa pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu mengukur kondisi lahan secara akurat. Pada satu sesi pengujian dengan data input spesifik (suhu 28.90°C, kelembaban tanah 73%, kelembaban udara 70%, dan pH 6.20), sistem melakukan kalkulasi *fuzzy* Berdasarkan evaluasi aturan fuzzy, tanaman. Penelitian tersebut mendapat hasil bahwa buah terong memperoleh nilai kecocokan tertinggi, mencapai 100% setelah proses defuzzifikasi, dan direkomendasikan sebagai tanaman yang paling sesuai. tanaman lain seperti cabai (33.33%), jagung (22.22%), dan kacang tanah (11.71%) menunjukkan tingkat kecocokan yang lebih rendah. Penelitian ini berhasil membuktikan bahwa teknologi IoT dapat menjadi solusi efektif untuk membantu petani dalam pengambilan keputusan tanam yang lebih baik. Penelitian tersebut menjadi landasan yang kuat dan relevan bagi penelitian yang dibuat penulis dalam hal masalah utama, arsitektur sistem dan pemanfaatan sensor.

### **2.1.3 Inovasi Uji Tanah: Pengambilan Keputusan Petani [17]**

Tinjauan penelitian ini menyatakan Meskipun PUTS (Perangkat Uji Tanah Sawah) memiliki karakteristik inovasi yang tinggi dan mudah digunakan, hasil cepat diketahui, dan sesuai dengan kebutuhan petani, hasil penelitian lapangan menunjukkan bahwa banyak petani belum siap mengadopsi PUTS secara mandiri. Penelitian kuantitatif yang dilakukan di Daerah Istimewa Yogyakarta pada tahun 2024 terhadap 170 petani (Sleman, Bantul, dan Kulon Progo) mengungkapkan bahwa kendala utama bukan terletak pada pemahaman teknis alat, melainkan pada faktor kepercayaan diri, ekonomi, serta kelembagaan. Walaupun pelatihan



teknis telah dilakukan selama 1–2 hari dan meningkatkan pemahaman mengenai manajemen kesuburan tanah, dampaknya terhadap perubahan perilaku petani masih terbatas. Banyak petani merasa belum yakin mengoperasikan PUTS tanpa pendampingan penyuluh. Hal ini memperlihatkan bahwa pelatihan singkat belum cukup untuk membangun kemandirian petani dalam penggunaan alat uji tanah. PUTS membutuhkan larutan kimia *refill* yang masa pakainya terbatas dan harganya relatif mahal bagi sebagian petani kecil. Selain itu, ketersediaan bahan *refill* dan komponen alat tidak mudah diakses di tingkat petani. Kondisi ini membuat petani enggan berinvestasi dalam penggunaan PUTS secara rutin. Tidak adanya norma atau aturan yang jelas mengenai penggunaan PUTS milik kelompok tani menyebabkan sebagian petani enggan atau sungkan menggunakannya. Kesadaran kolektif terhadap pentingnya pengukuran kesuburan tanah pun masih terbatas. Akibatnya, walaupun alat tersedia di kelompok tani, tingkat pemanfaatannya masih rendah. Banyak petani masih mengandalkan tanda-tanda visual dari tanaman dan pengalaman turun-temurun dalam menentukan dosis pupuk atau jenis tanaman, bukan berdasarkan data uji tanah. Faktor ini memperkuat kecenderungan mereka untuk tidak menggunakan PUTS secara aktif meskipun telah mendapatkan sosialisasi dan pelatihan.

## **2.2 Tinjauan Teori**

Berikut beberapa dasar teori yang terdapat pada perencanaan sistem yang akan dibangun.

### **2.2.1 Internet of Things (IoT)**

Konsep Internet of Things (IoT) adalah hubungan dan komunikasi melalui jaringan internet antara perangkat seperti sensor, perangkat elektronik, dan objek lainnya. Penggunaan IoT memungkinkan pengguna dapat terkoneksi untuk melakukan berbagai aktivitas, mulai dari pencarian informasi hingga pengolahan data, tanpa perlu campur tangan manusia. tujuan utama dari penggunaan IoT adalah komunikasi yang terhubung secara otomatis untuk meningkatkan efisiensi.

Sistem IoT bekerja dengan cara menghubungkan perangkat yang memiliki alamat IP unik ke internet. Alamat IP ini memungkinkan setiap perangkat untuk dikenali secara individu dalam jaringan dan berkomunikasi satu sama lain. Berbagai perangkat yang biasa kita temui sehari-hari, seperti sensor, kamera, dan speaker, adalah beberapa contoh dari objek yang dapat terhubung ke IoT. [18]

### **2.2.2 IoT dalam bidang pertanian**

Teknologi IoT dalam sektor pertanian digunakan untuk mencapai berbagai tujuan, seperti penggunaan sensor untuk mendeteksi kondisi lingkungan seperti kelembaban tanah, suhu udara, dan tingkat pH suatu lingkungan tanaman. Data yang dihasilkan dari sensor dapat dianalisa untuk mendapat informasi yang dapat membantu petani dalam membuat keputusan yang tepat, misalnya mengatur irigasi secara otomatis berdasarkan kebutuhan tanaman dan pemberian nutrisi yang sesuai.

Sebagai teknologi modern, IoT memberikan berbagai manfaat dalam sektor pertanian. Penerapan IoT dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas dengan cara mengurangi pemborosan sumber daya sekaligus memperbaiki hasil panen melalui pemantauan yang lebih akurat dan pengambilan keputusan yang cepat. Selain itu, IoT juga mampu menyediakan data secara real-time sehingga petani dapat memantau kondisi lahan dan tanaman dengan lebih tepat serta menyesuaikan tindakan sesuai dengan perubahan yang terjadi di lapangan. Teknologi ini juga mendukung sistem otomatisasi, misalnya pada pengairan berbasis kelembaban tanah, yang tidak hanya menghemat biaya tetapi juga meminimalisasi penggunaan air. Lebih lanjut, IoT memungkinkan pemantauan tanaman dan lingkungan secara berkelanjutan sehingga potensi ancaman seperti serangan hama, penyakit, maupun perubahan cuaca dapat diidentifikasi sejak dini. Dengan adanya analisis data, IoT juga berperan penting dalam prediksi cuaca dan kondisi pertanian, yang pada akhirnya membantu petani dalam merencanakan kegiatan tanam secara lebih efektif dan berkelanjutan[19].

### 2.2.3 ESP32



*Gambar 2. 1 Mikrokontroler ESP32*

ESP32 merupakan modul mikrokontroler yang dilengkapi dengan dua prosesor, di mana salah satunya berfungsi untuk menangani koneksi *Wi-Fi dan Bluetooth*, sementara prosesor lainnya digunakan untuk menjalankan aplikasi. Modul ini juga memiliki kapasitas RAM yang memadai untuk penyimpanan data. Sebagai generasi penerus dari ESP8266, ESP32 menawarkan kemampuan yang lebih unggul dan fleksibel. Dengan kemampuannya untuk terhubung ke internet secara mudah, ESP32 menjadi pilihan tepat dalam berbagai proyek IoT. Modul ini mampu mengolah sinyal analog maupun mengontrol perangkat *input-output (I/O) digital*. Selain itu, ESP32 tersedia dalam bentuk modul mandiri maupun papan sirkuit terpadu (PCB) yang praktis digunakan dalam pengembangan sistem berbasis IoT.[20]

UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA

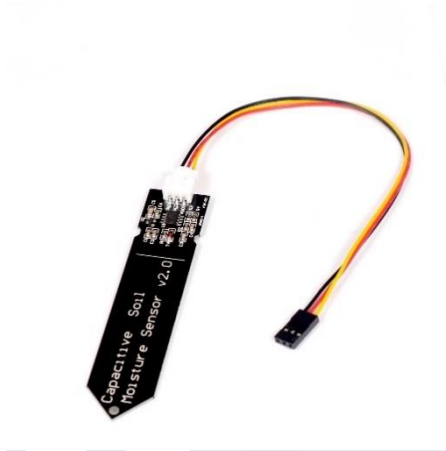
#### 2.2.4 Sensor DS18B20



*Gambar 2. 1 Sensor DS18B20*

Sensor ini merupakan salah satu sensor suhu yang dapat menghasilkan pembacaan suhu 9 bit hingga 12 bit. DS18B20 juga dilengkapi unique 64-bit serial number yang memungkinkan banyak sensor dihubungkan pada satu bus 1-Wire dan tetap bisa dibedakan oleh mikrokontroler [21]. Sensor ini memiliki kisaran deteksi suhu  $-55^{\circ}\text{C}$  hingga  $125^{\circ}\text{C}$  dan juga memiliki akurasi  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  ketika kisaran suhu melebihi  $-10^{\circ}\text{C}$  hingga  $85^{\circ}\text{C}$  sebagai tambahan. Selain itu, DS18B20 dapat ditenagai langsung dari saluran data tanpa memerlukan catu daya eksternal.[22]

### 2.2.5 Sensor Capacitive soil moisture



*Gambar 2. 2 Sensor Capacitive Soil Moisture*

Sensor soil moisture merupakan sebuah sensor yang dapat mengukur kadar air atau kelembaban tanah. Sensor ini biasa digunakan pada suatu tanaman. [23] Sensor kelembaban tanah secara umum dibedakan menjadi dua jenis, yaitu resistif dan kapasitif. Sensor tipe kapasitif berkembang sebagai alternatif yang lebih unggul karena mampu memberikan tingkat akurasi yang lebih baik sekaligus memiliki daya tahan yang lebih tinggi. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip kapasitansi, di mana perubahan kadar air dalam tanah akan mempengaruhi nilai kapasitansi yang dihasilkan, sehingga memungkinkan pengukuran kelembaban tanah secara lebih stabil dan presisi. Berbeda dengan sensor resistif yang menggunakan konduktivitas listrik dan cenderung rentan terhadap korosi, sensor kapasitif mampu meminimalisasi permasalahan tersebut sehingga memiliki umur pakai yang lebih panjang. Dengan demikian, penggunaan sensor kelembaban tanah berbasis kapasitif dianggap lebih andal untuk aplikasi jangka panjang, termasuk dalam sistem IoT di bidang pertanian.[24]

### 2.2.6 Sensor pH tanah



Gambar 2. 3 Sensor pH Tanah

Sensor ini digunakan pada penelitian penulis untuk mengukur keasaman tanah (pH) dengan akurasi tinggi dan sinyal yang stabil. Sensor ini dapat memudahkan pemantauan kondisi tanah khususnya pada project IoT yang melibatkan pertanian pintar atau konservasi air, karena menyediakan pembacaan cepat dan mudah melalui interface digital.

Sensor pH tanah yang dipilih penulis memiliki kelebihan dimana sensor memiliki ketepatan pengukuran pH hingga ( $\pm 0,3$  pH) dan tahan air, serta memiliki respons kurang dari 15 detik yang cukup untuk digunakan project yang perlu pemantauan real-time.[25]

### 2.2.7 ESP32 Web Server Access Point

ada mikrokontroler ESP32 memiliki fitur dimana ESP32 dapat dikonfigurasi sebagai *wifi access point* (AP) yaitu ESP32 ini dapat membentuk jaringan wifi mandiri sendiri sehingga perangkat lain seperti smartphone dan laptop dapat terhubung melalui browser tanpa perlu koneksi *router* atau koneksi internet. Perangkat lain dapat langsung terhubung dan berinteraksi dengan ESP32 seperti mengakses web dashboard atau mengirim data langsung melalui alamat IP lokal yang disediakan oleh ESP32[26].

Penggunaan mode *access point* memungkinkan fungsi *web server* berjalan diluar jaringan internet, yang dimana penggunaan *access point* ini sangat ideal untuk diaplikasikan pada IoT yang bertemakan pertanian atau project yang membutuhkan pemantauan lapangan, karena ESP32

menghosting sendiri jaringan pada servernya. Pengguna cukup mencari SSID yang sudah dikonfigurasi di ESP32 lalu sambungkan melalui wifi dan membuka IP address melalui browser. Metode ini sangat praktis untuk perangkat IoT yang diharuskan melakukan pemantauan lapangan. [27]

## 2.2.8 Parameter Karakteristik Tanah

Untuk pemilihan karakteristik tanah yang ingin digunakan pada penelitian ini, penulis melakukan observasi dan wawancara langsung kepada bapak Tri Saksono selaku humas di *Indonesian Center for Agricultural Engineering Research and Development (ICEARD)* atau Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian (BRMP) yang bernaung langsung dibawah kementerian pertanian Indonesia. Penulis bertanya soal tanaman yang paling sering ditanam di wilayah Legok, Serpong, dan BSD yang dimana daerah tersebut menjadi batasan penelitian penulis. Dari wawancara dan observasi lapangan yang dilakukan penulis muncul empat jenis tanaman yang akan penulis gunakan sebagai parameter rekomendasi tanaman yang dipakai sebagai parameter dasar. Jenis dan parameter tanaman yang dipilih penulis adalah sebagai berikut;

*Tabel 2. 1 Parameter Rekomendasi Tanaman*

Nama Tanaman	Suhu tanah ideal	Kelembaban tanah ideal	pH tanah ideal
Bayam	17°C - 28°C	40% - 60%	6.0 - 7.0
Cabe	24°C - 28°C	60% - 80%	5.5 - 7.0
Kangkung	25°C - 30°C	80% - 100%	5.5 - 7.0
Melon	25°C - 30°C	70% - 80%	6.0 - 7.2

Penulis mendapat data parameter yang ada diatas tabel ini dari perhitungan rata-rata dan mencari beberapa data jurnal yang relevan agar mendapat parameter yang tepat. Dan parameter yang penulis dapatkan sudah dibenarkan oleh pihak BRMP bahwa nilai parameter kurang lebih sudah tepat untuk sebatas parameter suhu tanah, kelembaban tanah, dan pH tanah yang ideal untuk tanaman.



## BAB III

### ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

#### 3.1 Perancangan Solusi

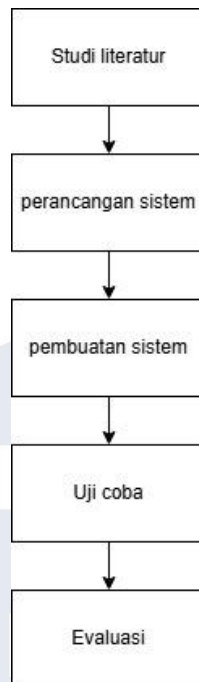
Pada penelitian ini, penulis ingin memberikan solusi untuk menjawab permasalahan yang telah dirumuskan pada bab 1, yaitu keterbatasan petani dalam mengetahui kesesuaian lahan sebelum melakukan penanaman. Penulis mengusulkan untuk membangun dan merancang sebuah penelitian rancang bangun sistem rekomendasi jenis tanaman berbasis IoT berdasarkan analisa kesuburan lahan tanah. Dengan perangkat IoT ini, petani dapat memperoleh informasi tingkat kelembaban, suhu, dan pH tanah serta membantu pengambilan keputusan ke petani rekomendasi jenis tanaman yang sesuai.

Sistem perangkat IoT yang dibuat oleh penulis memiliki cara kerja sama dengan sistem IoT monitoring, yaitu mengirim data kondisi tanah secara real-time. Sistem ini memanfaatkan ESP32 sebagai mikrokontroler utama yang terhubung ke 3 sensor utama yaitu sensor suhu, sensor kelembaban, dan sensor pH. Data hasil pengukuran akan ditampilkan langsung ke LCD yang ada di perangkat dan bisa juga melihat langsung di *website* yang bisa diakses tanpa internet.





### 3.2 Metode Penelitian



Gambar 3. 1 Flow Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan beberapa metode atau tahapan penelitian untuk mendapatkan hasil penelitian yaitu studi pustaka, Perancangan, implementasi, dan pengujian. Pada tahap awal penulis memulai penelitian dengan melakukan studi pustaka, di tahap ini penulis memilih untuk mengambil tema penelitian penerapan IoT pada sektor pertanian. Penulis mengumpulkan beberapa referensi yang memiliki identifikasi masalah dengan batasan yang terjadi di wilayah tempat penulis tinggal. Fokus masalah yang penulis temukan adalah masalah yang sering dijumpai petani dalam pertanian adalah berawal dari lahan tanah. Keterbatasan petani dalam mengetahui kesesuaian lahan tanah dengan tanaman yang ingin ditanam, membuat penulis ingin mengkaji topik permasalahan ini lebih lanjut untuk dijadikan penelitian rancang bangun sistem rekomendasi jenis tanaman berbasis IoT berdasarkan analisa kesuburan lahan tanah.

Proses berikutnya yaitu tahap perancangan, di tahap ini, penulis merancang sistem perangkat IoT dimulai dari menyiapkan komponen-komponen yang diperlukan, menyiapkan pemrograman sistem untuk mikrokontroler, serta menentukan metode yang ingin dipakai untuk *website* nya.

Setelah tahap perancangan selesai, penulis langsung masuk ke tahap pembuatan dan implementasi sistem. Setelah tahap tersebut selesai, penulis melakukan pengujian untuk mengetahui apakah perangkat IoT sudah berjalan sesuai dengan yang di inginkan. Penulis melakukan beberapa perbaikan untuk mengatasi kekurangan yang dapat terjadi di perangkat.

### **3.3 Studi literatur**

Pada tahap ini, penulis melakukan penelitian yang mendalam pada jurnal yang berkaitan dengan penerapan IoT pada agriculture dan ilmu pertanian. Pada tahap ini penulis mempelajari beberapa hal seperti kondisi parameter tanah apa yang paling penting pada jenis tanaman yang ditanam, menentukan jenis tanaman yang dijadikan patokan untuk penelitian, serta melakukan observasi dan wawancara langsung untuk mendapat informasi tambahan membantu implementasi penelitian nanti.

### **3.4 Identifikasi masalah**

Identifikasi masalah yang didapat oleh penulis melalui meneliti jurnal-jurnal tentang *agriculture technology* dimana dari perspektif petani Indonesia di beberapa jurnal memiliki perilaku bergantung pada kebiasaan dan perkiraan yang sudah dilakukan turun temurun dalam hal pertanian. Aspek yang sering dilewati oleh petani Indonesia memeriksa kadar pH dan NPK pada lahan pertanian mereka, sehingga mengakibatkan beberapa masalah seperti pemberian pupuk yang salah dan hasil panen yang tidak optimal.

Teori yang dikumpulkan penulis ini juga dibenarkan oleh Bapak Tri Saksono selaku humas Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian (BRMP) yang bernaung langsung dibawah kementrian pertanian Indonesia. Beliau menyatakan bahwa alasan petani Indonesia sering tidak memeriksa kadar pH dan NPK lahan mereka karena banyak petani Indonesia yang hanya fokus pada hasil diakhir dan tidak terlalu memikirkan proses pertanian itu sendiri. Berdasarkan observasi penulis secara mandiri di wilayah Legok, Serpong, dan BSD, ditemukan bahwa banyak petani mengalami hasil panen yang tidak optimal.



*Gambar 3. 2 Contoh Lahan Dengan Pertumbuhan Yang Tidak Merata*

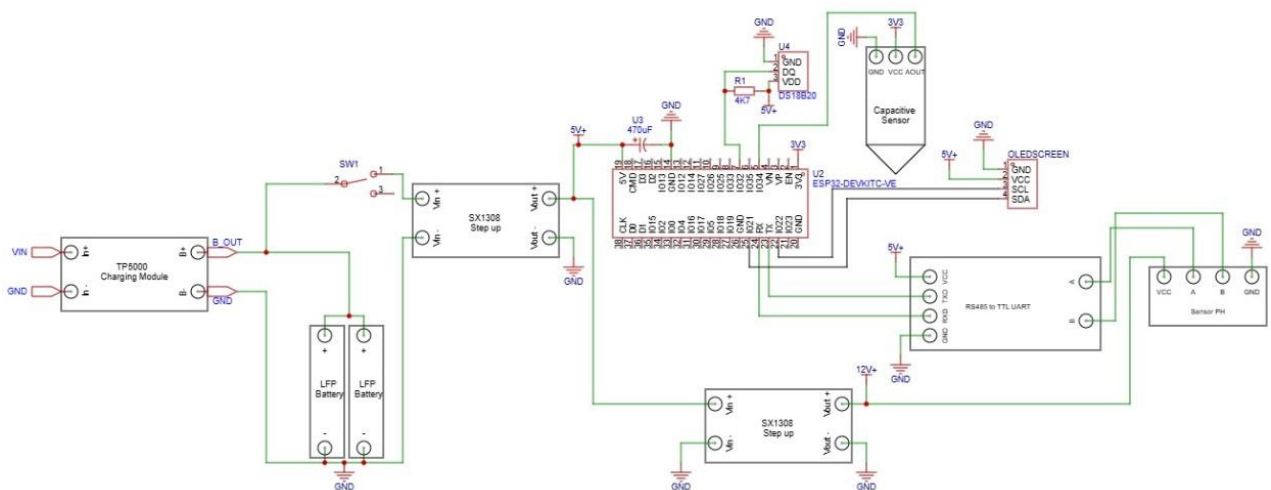
Gambar di atas adalah contoh dimana lahan pertanian yang tumbuh tidak merata karena perbedaan nutrisi dan perawatan pada lahan pertanian tersebut. Dari sini dapat disimpulkan bahwa identifikasi masalah yang penulis temukan menjadi bukti ilmiah yang menjadi Langkah awal dalam memulai perancangan sistem rekomendasi jenis tanaman berbasis IoT berdasarkan analisa kesuburan lahan tanah.

### **3.5 Perancangan sistem**

Dalam penelitian ini terdapat dua perancangan penting yang dijelaskan sebagai berikut;

#### **3.5.1 Perancangan Hardware**

Hardware yang dipakai di penelitian ini menggunakan mikrokontroler ESP32 yang memiliki fitur modul *wifi* dan *Bluetooth* yang sudah tertanam di dalam nya, yang memungkinkan pengguna untuk terkoneksi dan berkomunikasi melalui jaringan internet ataupun jaringan lokal. Penelitian ini merancang sistem di dalam ESP32 untuk membaca parameter lingkungan lahan pertanian. Sebagai komponen utama, mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali, pengolah data sensor, dan penghubung data ke *web server access point*.



Gambar 3. 3 Rangkaian Perangkat Internet of Things (IoT)

Proses perancangan hardware dilakukan dengan memperhatikan aspek keterhubungan antar komponen, efisiensi penggunaan daya, serta keandalan perangkat saat digunakan di lapangan.

Untuk sumber daya pada perangkat yang dirancang penulis akan menggunakan Baterai LiFePO4 karena menyediakan tegangan 3.2V yang lebih aman, stabil dan tahan lama. Baterai ini juga memiliki umur siklus baterai yang lebih lama, dan aman dari resiko overheat yang membuatnya cocok untuk dipakai di lapangan atau outdoor. Penulis memakai modul charger baterai agar baterai bisa diisi ulang. Pada rangkaian, penulis menambahkan dua step-up converter, untuk baterai menggunakan versi 3.2V – 5V, dan untuk sensor pH memakai Step-up converter 5V – 12V karena sensor pH membutuhkan daya tegangan 12V. Dengan begitu baterai ini dapat bertahan selama 300 sampai 500 pengisian dengan lifetime baterai jika dipakai hingga pengisian berikutnya dapat bertahan 22 jam.

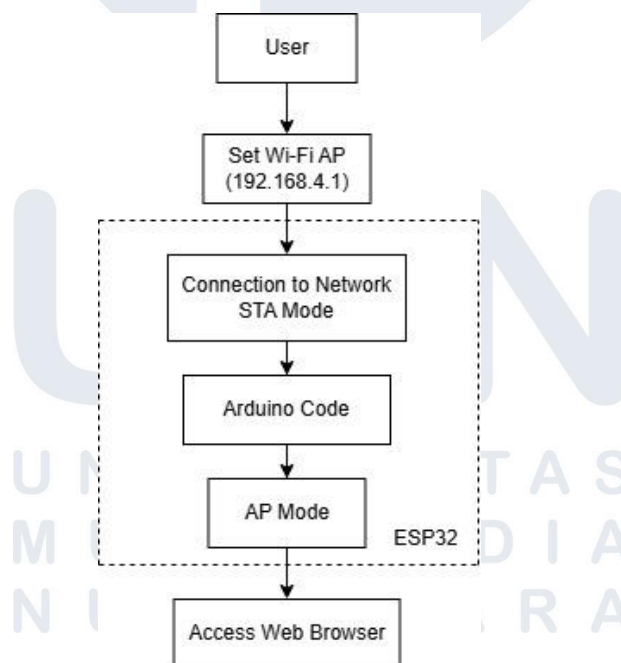
Untuk mikrokontroler yang dipakai menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali yang menghubungkan semua sensor, melakukan pemrosesan data, dan menampilkan informasi baik di LCD maupun

melalui *web server*. Untuk menstabilkan tegangan suplai dari lonjakan tegangan digunakan kapasitor.

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya perangkat IoT ini menggunakan 3 sensor yaitu sensor DS18B20 untuk mengukur suhu tanah. Sensor capacitive soil moisture v1.2 untuk mengukur kadar air tanah atau kelembaban tanah. Dan sensor pH Tanah mengukur tingkat keasaman tanah, penting untuk menentukan kesuburan dan kecocokan tanaman. Untuk sensor pH dapat berkomunikasi dengan ESP32 penulis perlu menambahkan modul RS485 to TTL UART.

### 3.5.2 Perancangan Aplikasi

Untuk perancangan *software*, penulis hanya menggunakan *Wifi access point* untuk dapat mengakses data yang dikirim oleh perangkat IoT melalui koneksi ke *wifi local* yang sudah ada di dalam ESP32.



Gambar 3. 4 Flow WiFi Access Point

Cara kerjanya, ESP32 akan berperan sebagai perangkat IoT sekaligus sebagai access point yang memancarkan sinyal *wifi* sendiri. Nanti nya pengguna hanya perlu mengkoneksikan perangkat lain pengguna seperti smartphone, laptop, dan perangkat lainnya yang dapat terhubung dengan wifi ke SSID wifi yang penulis buat. Setelah terkoneksi pengguna hanya perlu ke browser dan memasukan alamat HTTP *server* pada 192.168.4.1. dari sini pengguna dapat mengakses data parameter tanaman dan rekomendasi jenis tanaman tanpa perlu koneksi internet tambahan.

Alasan utama penulis menggunakan mode *software access point* ini karena sebelumnya penulis memiliki rencana untuk membuat perangkat IoT ini dengan sistem yang lebih kompleks menggunakan *database* untuk mencatat data yang telah terdeteksi oleh sensor dan fitur login pada aplikasinya. Tetapi saat melakukan uji coba *prototype*, relawan petani yang mencoba perangkat IoT tersebut berkomentar untuk membuat sistem nya lebih simpel dan mudah diakses dikarenakan para petani tidak begitu memahami sistem *prototype* yang dibuat penulis dan para petani lebih condong terfokus pada hasil parameter yang diambil langsung dari sensor.

### **3.6 Perancangan Pengujian**

Perancangan pengujian sistem pada penelitian ini disusun sebagai acuan pelaksanaan pengujian dan analisis solusi yang dibahas pada Bab IV. Perancangan ini bertujuan untuk memastikan bahwa perangkat IoT yang dikembangkan dapat berfungsi dengan baik secara teknis, memiliki tingkat akurasi yang memadai, serta dapat diterima oleh pengguna akhir, yaitu petani. Perancangan pengujian pada penelitian akan dilakukan dengan tiga tahap pengujian yaitu:

#### **3.6.1 Perancangan Pengujian Fungsionalitas**

Perancangan pengujian paling awal dimulai dari segi fungsionalitas yang bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh komponen perangkat IoT dapat berfungsi dengan baik. Pengujian ini difokuskan pada verifikasi kinerja sensor suhu tanah, sensor kelembaban tanah, sensor pH



tanah, modul tampilan OLED, serta sistem website monitoring yang terintegrasi dengan perangkat IoT.

Pengujian ini direncanakan untuk dilakukan pada beberapa titik lahan tanah di sekitar area observasi pertanian di Perumahan Dinas Korem 052. Lahan tersebut dipilih karena kondisi tanahnya relatif homogen dan belum banyak ditanami tanaman, sehingga sesuai untuk pengujian awal sistem tanpa pengaruh signifikan dari aktivitas pertanian intensif. Keberhasilan pengujian fungsionalitas ditentukan dari kemampuan sistem dalam menampilkan data suhu, kelembaban, dan pH tanah secara stabil serta menampilkan rekomendasi tanaman sesuai dengan hasil pembacaan sensor.

### **3.6.2 Perancangan Pengujian Akurasi**

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat ketepatan dan konsistensi pembacaan parameter pH tanah yang dihasilkan oleh perangkat IoT dengan membandingkannya dengan alat IoT yang dimiliki oleh BRMP. Pengujian akurasi dirancang untuk dilakukan di BRMP (Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian), yang memiliki fasilitas dan alat uji tanah sebagai pembanding.

Pengujian akurasi dilakukan pada tiga lahan pertanian yang berbeda, masing-masing merepresentasikan satu jenis komoditas tanaman, yaitu lahan kangkung, lahan cabai, dan lahan melon. Ketiga lahan tersebut diasumsikan sebagai lahan yang berbeda secara fisik dan memiliki karakteristik pH tanah yang tidak sepenuhnya sama. Alat pembanding yang digunakan adalah alat uji tanah milik BRMP, yang dijadikan sebagai nilai acuan dalam pengukuran pH tanah.

Metode yang akan digunakan yaitu dengan menggunakan pendekatan *multi sampling*, yaitu pengambilan data pH tanah pada tiga skala jumlah titik sampling yang berbeda, yakni 5 titik, 10 titik, dan 15 titik pada setiap lahan. Titik-titik sampling diambil secara sejajar dengan jarak 2-3 meter pada satu lahan yang sama untuk merepresentasikan

variasi kondisi tanah. Pada setiap titik sampling, pengukuran dilakukan menggunakan perangkat IoT dan alat BRMP pada lokasi yang sama atau sangat berdekatan. Nilai pH dari masing-masing titik kemudian dihitung nilai rata-ratanya (*mean*) untuk dianalisis tingkat konsistensi pembacaan perangkat IoT serta selisih hasil pengukuran dibandingkan dengan alat BRMP.

### 3.6.3 Perancangan User Acceptance Test (UAT)

*User Acceptance Testing* (UAT) merupakan tahap akhir dalam proses pengujian sistem yang bertujuan untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan telah memenuhi kebutuhan, harapan, dan konteks penggunaan pengguna akhir sebelum diimplementasikan secara luas. UAT dilakukan setelah seluruh pengujian teknis, seperti pengujian fungsional dan pengujian akurasi, selesai dilaksanakan, dan berfokus pada evaluasi sistem dalam kondisi penggunaan nyata (*real-world scenario*). Pada tahap ini, petani (*user*) dilibatkan secara langsung untuk menguji sistem berdasarkan pengalaman penggunaan, kemudahan operasional, kegunaan, serta kepercayaan terhadap hasil yang diberikan oleh sistem. Pendekatan ini bertujuan untuk meminimalkan risiko kegagalan implementasi akibat ketidaksesuaian sistem dengan kebutuhan pengguna di lapangan [28].

Pengujian ini digunakan untuk mengevaluasi tingkat penerimaan pengguna terhadap perangkat IoT yang dikembangkan, khususnya dari sudut pandang petani sebagai user. mengevaluasi tingkat penerimaan pengguna terhadap perangkat IoT yang dikembangkan, khususnya dari sudut pandang petani sebagai pengguna akhir. Dalam melaksanakan UAT, tahapan yang umum ditempuh mencakup penetapan kriteria UAT, penyusunan rencana pengujian, persiapan data uji realistis, pelaksanaan pengujian oleh pengguna akhir, evaluasi hasil pengujian, dan penyampaian persetujuan akhir dari pengguna. Tahapan ini memastikan bahwa perangkat IoT yang dikembangkan dapat diterima oleh pengguna akhir sesuai dengan kebutuhan operasional di dunia nyata [29].



utama yang ingin dimasukan ke kriteria UAT dari rancangan penulis ini berfokus pada *Functionality, Usability, Reliability, dan Efficiency*.

Pengujian UAT ini direncanakan akan dilakukan di BPP (Balai Penyuluhan Pertanian) Caringin, Kecamatan Legok, Kabupaten Tangerang, dengan melibatkan petani setempat sebagai responden. Pada tahap ini, petani diberikan penjelasan singkat mengenai tujuan dan cara kerja perangkat IoT, kemudian diberikan kesempatan untuk mencoba langsung penggunaan perangkat di lahan pertanian. Setelah penggunaan perangkat, petani diminta untuk mengisi kuesioner yang terdiri dari sembilan pertanyaan singkat terkait kepuasan dan penerimaan terhadap perangkat IoT. Hasil UAT digunakan sebagai dasar untuk menilai apakah perangkat IoT telah sesuai dengan kebutuhan pengguna serta memiliki potensi untuk diadopsi dalam aktivitas pertanian sehari-hari.



## BAB IV

### IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

#### 4.1 Spesifikasi Sistem

Dalam pengembangan perangkat IoT, penulis menggunakan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) sebagai sarana pemrograman dan pengujian sistem perangkat IoT. Salah satu perangkat yang digunakan adalah laptop pribadi penulis dengan sistem operasi *windows* sebagai perangkat utama penulis untuk mengerjakan penelitian ini. *Software* utama yang digunakan penulis untuk mengerjakan penelitian ini yaitu *Arduino IDE* untuk membuat sistem pemrograman perangkat IoT penelitian ini.

##### 4.1.1 Spesifikasi Hardware Laptop Penulis

Laptop yang digunakan penulis adalah Asus V550VX dengan spesifikasi sebagai berikut;

- CPU : *Intel® Core™ i7-6700HQ* CPU
- GPU : *NVIDIA GTX 950M*
- RAM : 16 GB
- Storage: 638 GB HDD & 292 GB SSD
- OS : *Windows 11 Home*

##### 4.1.2 Spesifikasi Hardware Arduino IDE

Penulis menggunakan *Arduino IDE* untuk melakukan pemrograman sistem perangkat IoT yang ada di dalam ESP32. Penggunaan *Arduino IDE* memang dikhususkan untuk membuat program papan mikrokontroler arduino. Bahasa pemrograman yang biasa dipakai pada *Arduino IDE* adalah bahasa C atau C++ serta memiliki *library* yang dapat memudahkan dalam pengembangan proyek IoT.

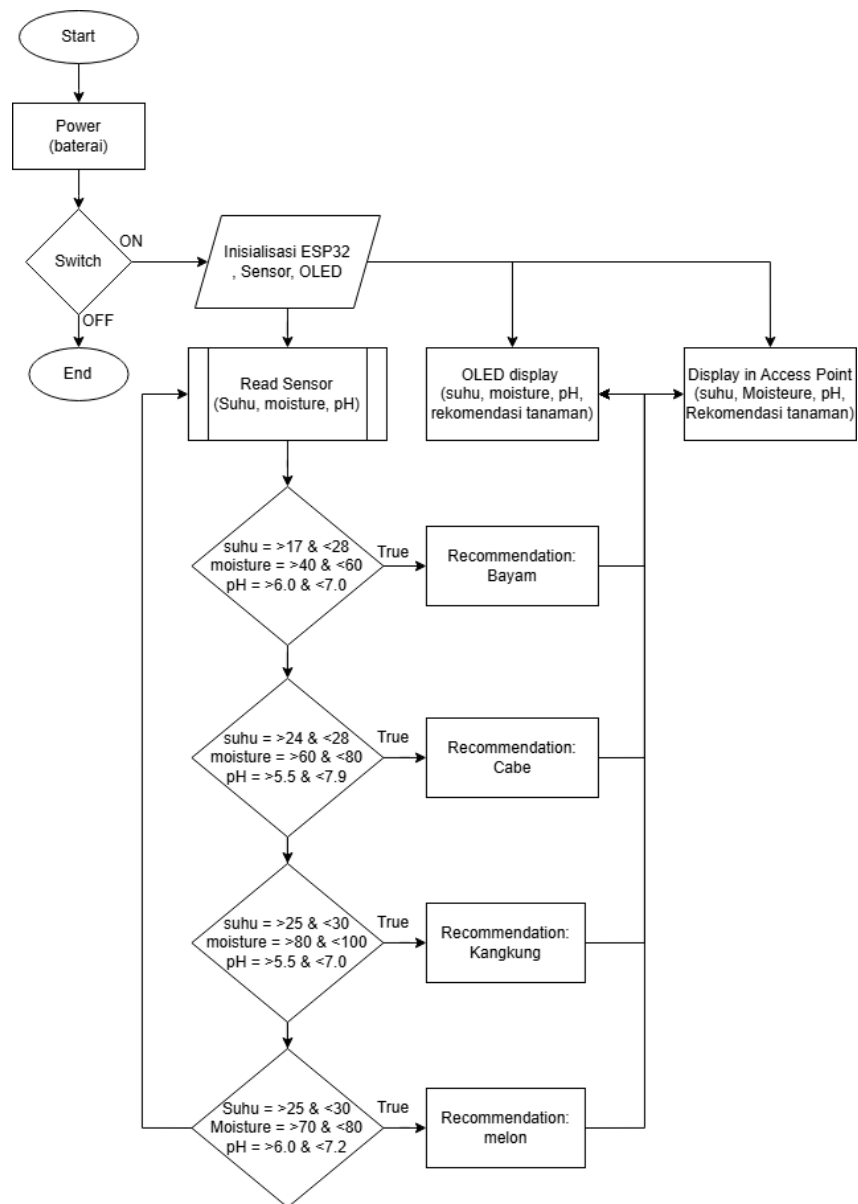
## 4.2 Implementasi Solusi

Pada bagian implementasi sistem ini menjelaskan tentang sistem yang ada di dalam perangkat IoT yang penulis buat, meliputi implementasi hardware, dan implementasi frontend.

### 4.2.1 Implementasi Hardware

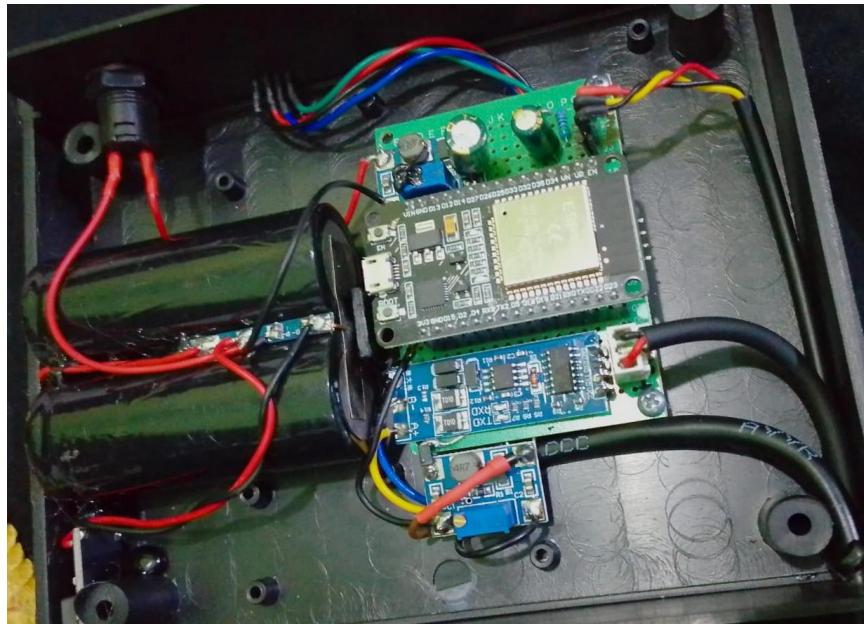
Implementasi hardware disini ialah penggunaan *software Arduino Integrated Development Environment (IDE)* untuk mengembangkan kode program yang akan dijalankan oleh mikrokontroler ESP32. Sebelum memulai pembuatan kode nya, penulis perlu mendeklarasikan library yang akan digunakan untuk memaksimalkan fungsionalitas hardware yang ada di perangkat IoT. *Library* pada *Arduino IDE* merupakan sekumpulan fungsi dan *variabel* yang sudah dibuat sebelumnya oleh pengembang maupun komunitas, sehingga memudahkan proses penulisan program. Dalam pengembangannya terdapat beberapa *library* yang digunakan oleh penulis di penelitian ini;

1. Adafruit GFX Library: menyediakan sintaks umum dan sekumpulan fungsi grafis untuk layer LCD
2. Adafruit BusIO: *library* ini punya fungsi untuk mengabstraksi interface UART, I2C, dan SPI.
3. Adafruit SSD1306: Mengatur komunikasi antara mikrokontroler (seperti Arduino) dan layar OLED.
4. ArduinoJson: Mengonversi struktur data C++ (seperti data sensor) menjadi string JSON yang dapat dikirim melalui jaringan atau port serial dan Memfasilitasi pertukaran data antara perangkat IoT, server web, API, dan layanan web.
5. DallasTemperature: *library* ini berfungsi untuk membaca nilai suhu yang diukur oleh sensor DS18B20 dalam satuan derajat celsius.
6. OneWire: *library* ini digunakan untuk mendapatkan fungsi yang lebih spesifik pada penggunaan sensor DS18B20 serta mengambil pembacaan suhu secara digital.



Gambar 4. 1 Flowchart Rancangan Sistem Perangkat

Pada gambar 4.1 flowchart rancangan sistem perangkat diatas menggambarkan alur program sistem yang dimulai dari *power supply* yang aktif dari *switch* atau saklar untuk menghidupkan perangkat IoT, lalu ESP32 akan memulai inisialisasi pin dari beberapa sensor seperti sensor suhu, kelembaban, dan sensor pH, dan perangkat lain seperti layar OLED dan *modul wifi*.



Gambar 4. 2 Rangkaian di dalam kotak Perangkat IoT

Setelah fungsi pin dari ESP32 menyala, dilanjutkan pada tiga sensor yang ada di gambar yaitu sensor suhu, kelembaban, dan pH yang mengirim data ke ESP32 yang dideteksi oleh sensor-sensor tersebut. Pada ESP32 perhitungan parameter untuk menentukan hasil analisa data yang yang diambil oleh sensor, penulis menggunakan teori logika IF ELSE yang sederhana yang nanti nya hasil perhitungan nya akan dikirim ke *webserver http* dan ke *output layer OLED*

#### 4.2.2 Implementasi Software

Implementasi software di sini menjelaskan tentang kode pemrograman sistem yang ada pada perangkat IoT yang penulis rancang. Implementasi ini berfokus pada cara kerja sistem pemrograman pada perangkat IoT di *arduino IDE* dan pemrograman untuk *web server* nya.

```

3 // --- WiFi AP Hotspot ---
4 #include <WiFi.h>
5 const char* ap_ssid = "Plant Rekomendasi";
6 const char* ap_password = "";
7
8 // --- Web Server dan Web Html ---
9 #include <WebServer.h>
10 #include "index.h"
11 #include <ArduinoJson.h>
12
13 // --- Sensor Suhu dan Sensor Kelembaban ---
14 #include <OneWire.h>
15 #include <DallasTemperature.h>
16 const int oneWireBus = 32;
17 const int soilMoisturePin = 34;
18
19 // --- OLED Display ---
20 #include <Wire.h>
21 #include <Adafruit_GFX.h>
22 #include <Adafruit_SSD1306.h>
23 #define SCREEN_WIDTH 128
24 #define SCREEN_HEIGHT 64
25 #define OLED_RESET -1
26 Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);
27
28 // --- Sensor Suhu & Port Web Server ---
29 OneWire oneWire(oneWireBus);
30 DallasTemperature sensors(&oneWire);
31 WebServer server(80);

```

Gambar 4. 3 Inisialisasi dan library program

Pemrograman pada *Arduino IDE* dimulai dengan menambahkan beberapa *library* untuk menghubungkan ESP32 dengan sensor, layar OLED, dan *server*. Seperti *library* *wifi.h* dipakai untuk membuat wifi access point, *webserver.h* dan *ArduinoJson.h* digunakan untuk menampilkan data sensor melalui web server sederhana, sedangkan *OneWire.h* dan *DallasTemperature.h* digunakan untuk membaca sensor suhu DS18B20, serta *library* *Adafruit\_GFX.h* dan *Adafruit\_SSD1306.h* digunakan untuk menampilkan data sensor ke layar OLED *display*.

Pada sensor kelembaban, sensor tersebut menghasilkan data analog yang perlu dikalibrasikan agar bisa ditampilkan kepada user dalam bentuk persentase. Karena itu diperlukan penilaian ADC (Analog-to-Digital Converter) dari sensor kelembaban yang dipetakan menjadi persen (%). Dengan mengikuti acuan tersebut, kondisi tanah kering (0%)

ditetapkan dengan nilai 2600 ADC, sedangkan untuk kondisi tanah basah(100%) ditetapkan dengan nilai 1300 ADC. Dengan pemetaan ini, sistem dapat memberikan informasi kelembaban tanah yang lebih representatif.

```

33 // --- Kalibrasi Sensor Kelembaban pakai nilai raw analog ---
34 int KondisiKering = 2600;
35 int KondisiBasah = 1300;
36
37 // --- RS485 PH Sensor ---
38 const byte ph_soil_reg[8] = {0x01, 0x03, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01, 0x84, 0x0A};
39 #define RESPONSE_LENGTH 7
40
41 uint16_t calculateCRC(byte *array, uint8_t length) {
42     uint16_t crc = 0xFFFF;
43     for (uint8_t i = 0; i < length; i++) {
44         crc ^= array[i];
45         for (uint8_t j = 0; j < 8; j++) {
46             if ((crc & 0x0001) != 0) {
47                 crc >>= 1;
48                 crc ^= 0xA001;
49             } else {
50                 crc >>= 1;
51             }
52         }
53     }
54     return crc;
55 }

```

Gambar 4. 4 program kaliuresis sensor kelembaban dan sensor pH RS485

Penggunaan sensor pH diperlukan komunikasi melalui protokol RS485 menggunakan Modbus RTU. Data hasil pembacaan diverifikasikan dengan CRC16 agar komunikasi valid. Raw value yang diterima sensor akan diolah dan dibagi 10 untuk mendapatkan nilai pH yang aktual dengan kondisi tanah.

```

58 // --- Timer buat ambil data serta tampilkan ke OLED ---
59 unsigned long previousLogMillis = 0;
60 unsigned long previousDisplayMillis = 0;
61 const long displayInterval = 3000; // 3 detik
62
63 // --- Nilai Sensor saat ini ---
64 float currentTemperatureC = 0.0;
65 int currentMoisturePercent = 0;
66 float soil_ph = 0.0;

```

Gambar 4. 5 timer dan tampilan data sensor untuk OLED display



OLED digunakan sebagai media yang memvisualisasikan data langsung di perangkat kepada user. Data yang ditampilkan meliputi nama tanaman yang direkomendasikan, suhu tanah dalam derajat celcius, kelembaban tanah dalam persen, serta nilai pH tanah.



Gambar 4. 6 Output OLED

Data sensor yang dibaca akan diperbarui setiap 3 detik OLED. Output OLED ditunjukkan seperti pada gambar diatas.

```
// --- Wi-Fi Access Point ---
WiFi.softAP(ap_ssid, ap_password);
IPAddress myIP = WiFi.softAPIP();
Serial.print("Masuk mode AP Hotspot. IP Address: ");
Serial.println(myIP);

display.clearDisplay();
display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
display.setCursor(0, 0);
display.setTextSize(2);
display.println("WiFi AP:");
display.setTextSize(1);
display.println(ap_ssid);
display.println(ap_password);
display.display();
delay(2000);

// --- Web Server ---
server.on("/", HTTP_GET, handleRoot);
server.on("/data", HTTP_GET, handleData);

server.begin();
Serial.println("Web Server dijalankan.");
```

Gambar 4. 7 program web server wifi access point



Pada pemrograman untuk web servernya, penulis membuat *wifi access point* yang menggunakan SSID “*Plant Recommendation*” yang dimana user dapat terhubung ke *web server plant recommendation* tanpa koneksi internet. Dalam pemrograman tersebut memiliki dua *endpoint* utama yaitu (“/”) untuk menampilkan halaman web dari (index.h), dan (“/data”) untuk memberikan data JSON yang berupa data sensor suhu, kelembaban, pH, dan rekomendasi tanaman dalam *format* JSON.

Tabel 4. 1 Logika sederhana pemrograman rekomendasi tanaman

no	Rekomendasi Tanaman	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	pH
1	Bayam	17 – 28	40 – 60	6.0 – 7.0
2	Cabe	24 – 28	60 – 80	5.5 – 7.0
3	Kangkung	25 – 30	80 – 100	5.5 – 7.0
4	Melon	25 - 30	70 – 80	6.0 – 7.2
5	XXX	-	-	-

Untuk logika pemrograman tanaman menggunakan fungsi if-else sederhana untuk menentukan jenis tanaman yang cocok berdasarkan perbandingan nilai *range ideal* parameter suhu, kelembaban dan pH tanah dari empat rekomendasi tanaman pilihan penulis. Dan apabila pengukuran sensor menunjukan tidak ada parameter yang sesuai dari empat tanaman tersebut maka pada jenis tanaman akan menampilkan keterangan “x x x” sebagai penanda bahwa lahan tidak memenuhi kriteria parameter empat tanaman yang diuji. Contoh *output* nya seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.5.

Secara *flow* kerja program perangkat, sistem menginisialisasi OLED, sensor-sensor, *hotspot wifi*, dan *web server*. *Server* akan menangani request user pada (*handleclient*) sekaligus memperbarui data sensor setiap tiga detik *interval loop*.

```
// --- Buat Web Html ---
void handleRoot() {
  server.send(200, "text/html", WEB_HTML);
}

void handleData() {
  bacaSensor();
  String rekomendasiTanaman = cekTanaman(currentTemperatureC, currentMoisturePercent, soil_ph);
  StaticJsonDocument<200> doc; // Allocate a fixed-size JSON document (adjust size if needed)
  doc["temperature"] = currentTemperatureC;
  doc["moisture"] = currentMoisturePercent;
  doc["ph"] = soil_ph;
  doc["plant"] = rekomendasiTanaman;

  String jsonString;
  serializeJson(doc, jsonString); // Convert JSON document to string

  server.send(200, "application/json", jsonString);
}
```

Gambar 4. 8 program implementasi web server

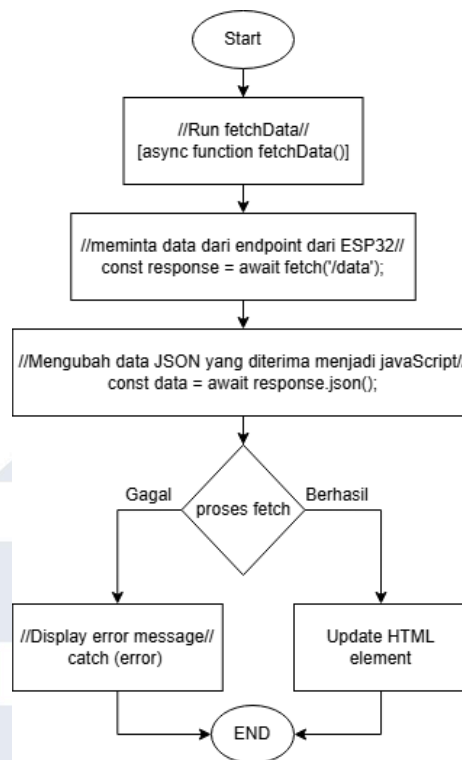
Bagian program ini merepresentasikan komunikasi antara perangkat IoT ESP32 dengan user melalui *web server* berbasis HTTP. Dalam gambar diatas, terdapat fungsi `handleRoot()` yang berguna untuk menampilkan *interface user* berbasis HTML, sedangkan fungsi `handleData()` untuk menyajikan data sensor dalam *format* JSON yang dapat digunakan untuk integrasi atau analisa lebih lanjut.

UMN  
UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA



Gambar 4. 9 interface website

Untuk tampilan websitenya sendiri terkesan sederhana yang memang didesain sedemikian rupa agar user utama pada penelitian ini yaitu petani berfokus pada parameter yang ditunjukkan oleh perangkat IoT. Terdapat empat parameter utama yaitu suhu, kelembaban, pH tanah dan rekomendasi tanaman.



Gambar 4. 10 Diagram flow website local Access point

Pada program HTML disini menunjukkan integrasi komunikasi dengan fungsi fetchData() yang digunakan untuk mengambil data terbaru dari alamat /data yang disediakan oleh web server di ESP32. Data tersebut dikirim dalam format JSON berisi HTML element berupa parameter value sensor dan rekomendasi tanaman. Setelah data diterima maka website akan melakukan refresh data secara otomatis berupa HTML element parameter masing-masing. Mekanisme ini looping secara berkala dalam interval setiap 5 detik.

### 4.3 Pengujian dan Analisis Solusi

Pengujian yang dilakukan penulis untuk menguji perangkat IoT terbagi menjadi tiga tahap, *testing* awal atau pengujian fungsionalitas, pengujian akurasi, dan *User Acceptance Test* (UAT).

#### 4.3.1 Pengujian Fungsionalitas

Untuk pengujian dan analisis pertama dari perangkat IoT yang dibuat, penulis melakukan pengujian awal di beberapa titik lahan tanah

di sekitar tempat observasi pertanian di perumahan dinas korem 052 yang belum ditanam banyak tanaman. Percobaan awal di test dengan memasukan ketiga sensor kedalam lahan tanah dan mengaktifkan perangkat IoT dengan menekan *switch* yang ada pada perangkat. Setelah perangkat diaktifkan, penulis menganalisa parameter yang dihasilkan oleh sensor pada layar OLED dan mengecek apakah website dapat bekerja dengan optimal.



*Gambar 4. 11 percobaan pertama memasukan sensor ke tanah*

Pada percobaan pertama di lahan yang ada di gambar di diatas, parameter perangkat menganalisa bahwa tanah di sekitar lahan perumahan dinas korem 052 memiliki suhu tanah rata – rata sekitar 27,9 celcius, kelembaban 78%, dan pH tanah 6.0. Dengan parameter itu, rekomendasi tanaman yang disarankan untuk ditanam pada tanah di sekitar lahan perumahan dinas korem menurut perangkat IoT adalah tanaman cabai yang ditunjukan pada gambar di bawah ini.



*Gambar 4. 12 hasil percobaan pertama perangkat IoT pada lahan tanah perumahan dinas korem 052*

Dari percobaan ini dapat disimpulkan bahwa secara fungsional dari segi sensor hingga informasi yang diberikan alat ini dapat bekerja dengan cukup baik.

#### **4.3.2 Pengujian Akurasi**

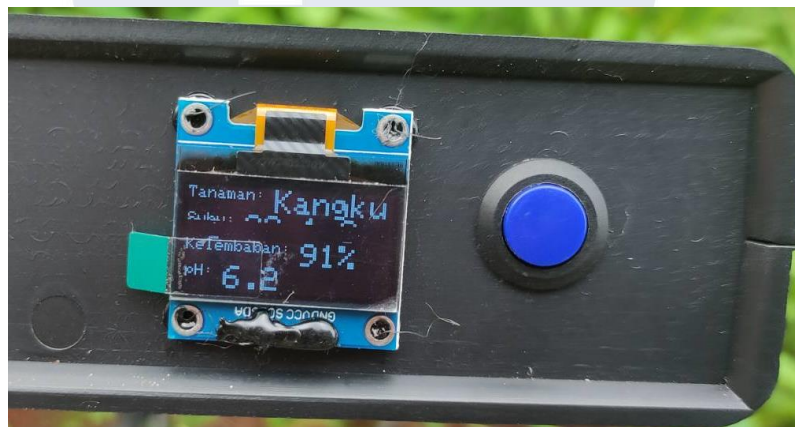
Pada percobaan kedua, yaitu pengujian akurasi, penulis mencoba melakukan pengujian perangkat IoT di BRMP (Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian) untuk menganalisa keakuratan perangkat IoT dengan membandingkan keakuratan parameter perangkat IoT yang di buat oleh penulis dengan parameter di alat yang dimiliki BRMP.



*Gambar 4. 13 percobaan perbandingan akurasi perangkat pada lahan kangkung di BRMP.*



Percobaan dilakukan pada lahan kangkung yang ada di BRMP dengan kondisi tanaman yang belum mencapai masa panen. Pada pengujian tersebut, perangkat menangkap analisa tanah dengan rata-rata parameter suhu tanah 29.1 C, kelembaban 91 %, dan pH tanah antara 6.0 hingga 6.2 dengan rekomendasi tanaman yang ditampilkan adalah tanaman kangkung. Di sisi lain perangkat milik BRMP berfokus pada parameter pH, suhu, dan NPK di dalam tanah. oleh karena itu titik acuan yang dapat di jadikan point objek perbandingan dengan perangkat IoT milik penulis adalah pada parameter pH nya. Karena unsur pH merupakan unsur yang paling krusial dalam menentukan tanah yang bagus bagi tanaman. Pada perangkat miliki BRMP menunjukkan pH tanah pada rata-rata di 5.8 hingga 6.4 dengan suhu yang serupa.



*Gambar 4. 14 hasil percobaan akurasi perangkat milik penulis di lahan kangkung BRMP*

Hasil perbandingan pengukuran parameter pH tanah masing-masing perangkat menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi. Perangkat yang dikembangkan penulis mendeteksi pH pada rentang 6.0 – 6.2 (rata-rata 6.1), sedangkan alat pembanding (BRMP) menunjukkan rentang 5.8 – 6.4 (rata-rata 6.1). Karena kedua alat memiliki nilai rata-rata yang identik, dan rentang pembacaan alat penulis berada sepenuhnya di dalam rentang pembacaan alat BRMP yang termasuk dalam toleransi alat standar, maka dapat disimpulkan bahwa perangkat IoT milik penulis

valid dan akurat dalam mendeteksi pH tanah dan merekomendasi jenis tanaman dengan tepat di lokasi pengujian.

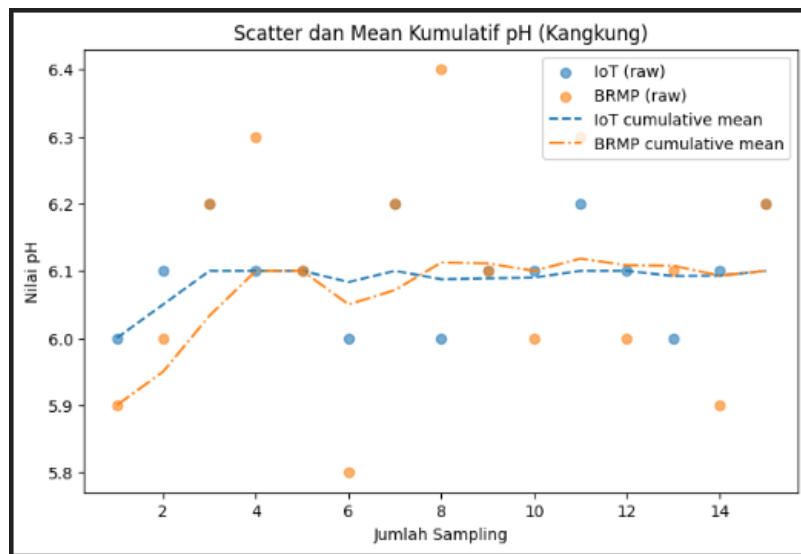
*Tabel 4. 2 Perbandingan rata-rata pH pada lahan BRMP*

Lahan	Jumlah Sampling	Mean pH Device	Mean pH BRMP Device
Kangkung	5	6.1	6.1
	10	6.9	6.1
	15	6.1	6.1
Cabai	5	6.3	6.3
	10	6.3	6.2
	15	6.4	6.2
Melon	5	5.7	6.5
	10	6.1	6.5
	15	6.3	6.5

untuk mengevaluasi konsistensi dan keandalan pembacaan, penulis melakukan perbandingan lanjutan dengan melakukan multi sampling pengukuran parameter rata-rata pH tanah pada tiga lahan tanaman yang ada di BRMP. Jenis tanaman yang dipilih mengambil 3 dari 4 rekomendasi tanaman yang ada di dalam perangkat IoT milik penulis. Pengujian dilakukan dengan *multi sampling*, yaitu mengambil nilai rata-rata dari tiga titik jumlah sampling berbeda, yaitu 5 *sampling*, 10 *sampling*, dan 15 *sampling* di lahan yang sama. Walaupun terdapat batasan dalam pengujian sampling di lahan kangkung dan cabai. Dimana dari pihak BRMP hanya memperbolehkan melakukan *sampling* pada sisi samping lahan dan tidak memperbolehkan melakukan *sampling* di bagian tengah lahan, dikarenakan pihak BRMP tidak ingin lahan yang sudah dikelola oleh petani BRMP menjadi rusak.

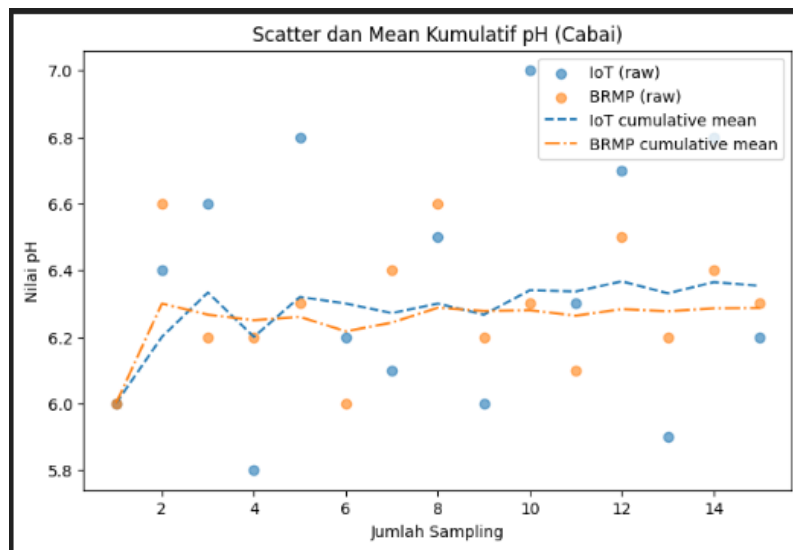
UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA





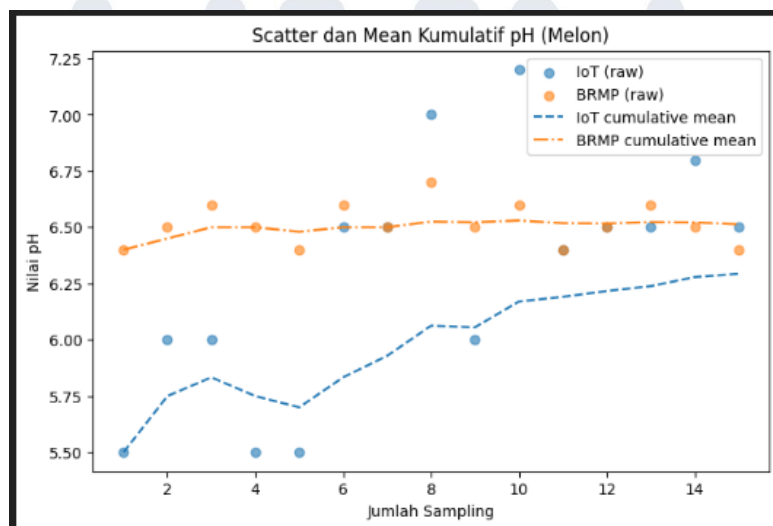
Gambar 4. 15 Grafik sebaran sampel pH di lahan kangkung

Pada pengujian tersebut didapatkan sebuah hasil analisis yang tertera pada tabel 4.2 yang menunjukkan perhitungan rata-rata tiga jumlah sampling dengan perbandingan nilai rata-rata alat milik BRMP. Pada lahan tanaman kangkung, perangkat IoT menunjukkan nilai rata-rata pH yang cukup konsisten dengan nilai pH yang stabil walaupun terdapat deviasi di pengujian *sampling* ke sepuluh. Secara rata-rata keseluruhan menunjukkan bahwa perangkat IoT mampu mendeteksi pH tanah di lahan tanaman kangkung secara konsisten mendekati nilai yang diperoleh alat BRMP, yang stabil di 6.1 untuk semua jumlah *sampling*.



Gambar 4. 16 Grafik sebaran sampel pH di lahan cabai

Pada lahan cabai, kedua perangkat menunjukkan pola yang konsisten serta akurat. *Mean* pH IoT berada pada 6.3–6.4, sedangkan alat BRMP berada pada 6.2–6.3. Perbedaan antar perangkat sangat kecil ( $\pm 0.1$ ), yang berada dalam batas toleransi pengukuran pH tanah. Hal ini menunjukkan bahwa perangkat IoT bekerja sangat baik dalam mendeteksi pH lahan tanah cabai, dengan memiliki fluktuasi pH kecil antar titik sampling.



Gambar 4. 17 Grafik sebaran sampel pH di lahan melon

Pada lahan melon, variasi pH tanah lebih bervariasi dibandingkan kangkung dan cabai. Pada sampling 5 titik tanah, perangkat IoT menghasilkan rata-rata 5.7, lebih rendah dibanding rata-rata alat BRMP di 6.5, mencerminkan sensitivitas terhadap nilai-nilai ekstrem 5.5 yang dominan di data sampling awal. Namun, ketika jumlah sampling ditingkatkan menjadi 10 dan 15 titik, nilai rata-rata IoT naik menuju nilai stabil di 6.1–6.3, mendekati rata-rata alat BRMP yaitu 6.5. Ini menunjukkan bahwa semakin besar sampling, semakin akurat dan representatif pembacaan IoT. Perbedaan kecil yang tersisa disebabkan oleh rentang variasi pH melon yang lebih luas (5.5 – 7.2), sehingga memerlukan lebih banyak titik sampling untuk mencapai kestabilan.

Kesimpulan dari pengujian *multi sampling* ini mendapat hasil yaitu pengujian pada lahan kangkung dan cabai memiliki distribusi pH yang stabil antar titik sampling, pembacaan perangkat IoT yang diberikan cukup mendekati dengan pengukuran alat BRMP dengan perbedaan rata-rata pH tanah hanya 0.1. Perbedaan rata-rata pH tanah yang terlihat jelas pada lahan melon, yang memiliki variasi pH yang lebih bervariasi. Namun setelah jumlah sampling diperluas menjadi 10-15 titik sampling, hasil pH dari perangkat IoT mendekati parameter pH yang dihasilkan alat BRMP dan menunjukkan stabilitas yang lebih baik.

Pengujian ini memperlihatkan bahwa pengujian menggunakan perangkat IoT di lahan pertanian lebih ideal dilakukan dengan 10-15 titik *sampling* yang menunjukkan semakin banyak titik sampling semakin baik akurasi parameter pengukuran nya. Dengan selisih rata-rata yang sangat kecil antara perangkat IoT dan alat milik BRMP di hampir semua kondisi, perangkat IoT terbukti valid, dapat diandalkan, dan mampu menjadi alternatif alat uji tanah konvensional.

#### **4.3.3 User Acceptance Testing (UAT)**

*User Acceptance Testing* digunakan sebagai tahap terakhir pengembangan perangkat IoT yang berguna menguji dan memastikan

bahwa sistem perangkat IoT yang dibuat penulis sesuai dengan kebutuhan user. Proses UAT yang dilakukan oleh penulis melibatkan user yang berupa para petani yang berada di BPP (Balai Penyuluhan Pertanian) di caringin kecamatan Legok, kabupaten Tangerang. Para petani akan menguji perangkat IoT baik dari segi fungsionalitas, kegunaan, kinerja, dan kemudahan penggunaan perangkat IoT.



*Gambar 4. 18 percobaan UAT ke petani di daerah pertanian BPP caringin bersama petani*

Di lapangan, penulis memberikan pengertian singkat ke petani akan maksud, tujuan dan manfaat yang ingin dicapai dengan penggunaan perangkat IoT pada pertanian. Setelah mencoba menggunakan perangkat IoT, penulis akan memberikan questioner berisikan 9 pertanyaan singkat tentang kepuasan para petani dalam menggunakan perangkat IoT untuk mengetahui parameter unsur hara tanah dan rekomendasi tanaman yang diberikan oleh perangkat IoT.

*Tabel 4. 3 Tabel data kuesioner UAT petani di BPP caringin.*

no	Pertanyaan	Nilai		
		Setuju	Netral	Tidak Setuju
F1	Perangkat ini berhasil mendeteksi dan menampilkan data, suhu, kelembaban, dan pH dengan jelas.	20		
F2	Informasi rekomendasi tanaman yang diberikan oleh perangkat ini cukup detail dan relevan dalam membuat keputusan penanaman.	15	4	1

U1	Perangkat ini mudah digunakan dan informasi yang ditampilkan dari perangkat ini jelas dan mudah dipahami.	17	3	
U2	Saya tidak perlu menghabiskan banyak waktu untuk memahami cara menggunakan perangkat ini.	20		
R1	Data suhu, kelembaban dan pH tanah yang ditampilkan konsisten dalam jangka waktu tertentu.	20		
R2	Perangkat ini berfungsi Dengan baik dan rekomendasi tanaman yang diberikan dapat dipercaya keakuratannya.	18	2	
E1	Penggunaan perangkat ini dapat menghemat waktu saya dan membantu dalam pengambilan keputusan penanaman menjadi lebih cepat.	20		
E2	Saya merasa bisa mendapat manfaat dari penggunaan perangkat ini	19	1	
A1	Saya berniat mempertimbangkan untuk menggunakan alat ini dalam aktivitas pertanian saya	14	5	1

Berdasarkan hasil UAT di lapangan terhadap 20 responden petani yang dari umur 28 hingga 60 tahun yang ada di sekitar BPP caringin menunjukkan antusiasme terhadap perangkat IoT yang di coba pada di lahan mereka. Dari total 180 jawaban dari Sembilan pertanyaan, secara total sebanyak 90,56% respon menyatakan setuju, 8,33% bersikap netral, dan hanya 1,11% yang tidak setuju terhadap implementasi IoT pada pertanian dalam menentukan parameter unsur hara tanah dan rekomendasi tanaman. Sebagian besar indikator seperti fungsionalitas perangkat mendeteksi data tanah (F1, U2, R1, E1) memperoleh tingkat persetujuan 100%, menunjukkan bahwa petani merasa alat mudah digunakan, hasilnya mudah dipahami, serta dapat bermanfaat dalam mendukung keputusan pertanian.

Walaupun begitu, terdapat dua aspek yang mencolok pada pertanyaan (F2) dan (A1) yang menunjukkan ada respons tingkat persetujuan petani lebih rendah (75% dan 70%), yang dikarenakan para petani tersebut lebih memilih cara tradisional untuk menentukan relevansi penanaman yang tepat dibandingkan menggunakan pendekatan yang lebih modern. Meskipun begitu, keduanya tetap menunjukkan kecenderungan positif yang kuat. Secara keseluruhan, data ini

membuktikan bahwa teknologi IoT pada lahan pertanian diterima dengan baik oleh petani, dan memiliki potensi untuk diadopsi sebagai alat pendukung penentuan kualitas tanah dan rekomendasi tanaman yang lebih tepat.



UMN

UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan penulis dari mulai tahap analisis masalah di bab 1, peninjauan pustaka pada bab 2, perancangan dan implementasi sistem perangkat IoT, hingga proses pengujian di bab 3 dan 4, maka dapat disimpulkan bahwa penelitian yang dilakukan penulis berhasil melakukan penelitian merancang dan membangun sebuah sistem rekomendasi jenis tanaman berbasis IoT Dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32 serta beberapa sensor pendukung berupa sensor suhu DS18B20, sensor kelembaban tanah, dan sensor pH tanah. Sistem ini mampu mengukur parameter yang penting dari lahan pertanian, yaitu suhu, kelembaban, dan tingkat keasaman (pH) tanah secara real-time.

Data hasil pengukuran yang diperoleh dari sensor-sensor yang ada dapat ditampilkan pada dua perspektif yaitu secara langsung pada layar OLED yang terpasang pada perangkat IoT, dan melalui *web server* yang berbasis pada modul ESP32 yang dapat diakses oleh pengguna melalui jaringan *wifi access point* tanpa memerlukan koneksi internet tambahan. Ini menunjukkan perangkat yang dibangun tidak hanya bersifat *portable* tetapi juga ramah bagi pengguna, khususnya petani di lahan pertanian yang umumnya memiliki keterbatasan akses internet.

Untuk penggunaan dari perangkat IoT sendiri dalam segi pemakaian yang difokuskan untuk pengecekan tanah digunakan di lahan dalam jangka waktu singkat perangkat ini dapat bertahan untuk jangka yang panjang. Penggunaan dua baterai lifepo4 di perangkat IoT jika di hidupkan hingga baterai habis, perangkat IoT ini dapat bertahan selama 22 jam. Jadi untuk penggunaan di lahan yang hanya untuk pengukuran kesuburan tanah di beberapa titik bisa digunakan untuk waktu yang lama. Dalam sekali pengecasan penggunaan, penulis dapat menggunakan perangkat IoT dalam waktu 5 bulan yang dipakai di tiga tempat pengujian berbeda.

Berdasarkan hasil pengujian yang ada di bab 4, penelitian ini berhasil mendapatkan tiga point utama, yaitu

1. Penerapan teknologi IoT dalam bidang pertanian untuk menganalisa tingkat kesuburan tanah dan rekomendasi jenis tanaman dapat menjadi solusi praktis bagi petani lokal dalam menentukan jenis tanaman yang cocok untuk digunakan pada lahan petani tersebut, serta mengetahui tingkat kesuburan lahan tanah yang dimiliki oleh petani guna membantu mendapatkan kondisi kesuburan tanah yang di inginkan.
2. Berdasarkan hasil pengujian *multi sampling* yang dilakukan pada tiga lahan tanaman di BRMP (Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian), yaitu kangkung, cabai, dan melon, dapat disimpulkan bahwa perangkat IoT yang dikembangkan penulis memiliki tingkat konsistensi dan keandalan yang baik dalam mengukur parameter pH tanah. Pada lahan kangkung dan cabai, pembacaan pH oleh perangkat IoT menunjukkan nilai rata-rata yang stabil dan mendekati hasil pengukuran alat BRMP dengan selisih rata-rata sekitar 0,1, yang masih berada dalam batas toleransi pengukuran pH tanah. Pada lahan melon, variasi pH tanah yang lebih tinggi menyebabkan perbedaan rata-rata yang lebih besar pada sampling 5 titik, namun setelah jumlah sampling ditingkatkan menjadi 10–15 titik, nilai rata-rata pH yang dihasilkan perangkat IoT menjadi lebih stabil dan mendekati hasil pengukuran alat BRMP. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin banyak titik sampling yang digunakan, semakin representatif dan akurat nilai pH yang diperoleh, sehingga pengukuran pH tanah menggunakan perangkat IoT idealnya dilakukan dengan 10–15 titik sampling. Secara keseluruhan, pengujian ini membuktikan bahwa perangkat IoT valid, dapat diandalkan, dan berpotensi menjadi alternatif alat uji tanah konvensional dalam mendukung pengambilan keputusan pertanian berbasis data.
3. Berdasarkan *User Acceptance Testing* (UAT) yang dilaksanakan terhadap 20 petani di BPP Caringin, Kabupaten Tangerang, dapat disimpulkan bahwa perangkat IoT pendeteksi unsur hara dan rekomendasi tanaman telah berfungsi sesuai kebutuhan dan diterima dengan sangat baik, yang dibuktikan oleh tingkat persetujuan agregat sebesar 90,56%. Aspek fungsionalitas, kemudahan penggunaan, dan efisiensi perangkat (indikator F1, U2, R1, E1) mencapai skor sempurna 100%, menandakan bahwa sistem



mudah dioperasikan dan informasinya mudah dipahami, meskipun terdapat preferensi metode tradisional pada sebagian kecil indikator (F2 dan A1) yang menghasilkan respon persetujuan lebih rendah (70-75%). Secara keseluruhan, tingginya antusiasme dan respon positif responden menegaskan bahwa perangkat ini valid, mudah digunakan, dan layak diimplementasikan sebagai solusi teknologi modern untuk mendukung akurasi penentuan kualitas tanah dan keputusan pertanian.

Dengan demikian, penelitian perangkat IoT yang dikembangkan penulis ini memiliki potensi untuk membantu petani dalam mengurangi ketergantungan pada metode bertani tradisional, sekaligus meningkatkan produktivitas dan ketepatan dalam memilih jenis tanaman yang sesuai dengan kondisi lahan para petani.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan penulis pada pengembangan sistem rekomendasi jenis tanaman berbasis IoT berdasarkan analisa kesuburan lahan tanah adalah sebagai berikut:

1. Sistem yang dikembangkan oleh penulis berfokus pada tiga sensor parameter kesuburan tanah, yaitu suhu, kelembaban, dan pH tanah. Untuk menghasilkan rekomendasi tanaman yang lebih akurat dan komprehensif, penulis menyarankan untuk pengembangan penelitian ini di masa mendatang dapat menambahkan sensor NPK guna mendapat parameter tambahan berupa tingkat kandungan unsur hara natrium, pospor, dan kalium. Penambahan parameter ini dapat menghasilkan basis data analisis yang lebih detail dalam mengukur parameter tanah dan dapat memperluas cakupan rekomendasi tanaman yang dapat diberikan ke sistem.
2. Sistem yang dikembangkan oleh penulis saat ini hanya menampilkan data secara real-time dari pengambilan data sensor lalu dikirim ke *wifi local Access point* tanpa adanya penyimpanan riwayat pengukuran. Diharapkan pada penelitian selanjutnya untuk dapat mengintegrasikan perangkat dengan sistem *database* atau *cloud* agar petani dapat melakukan analisa data lebih terstruktur sehingga dapat mengambil keputusan yang lebih strategis.

3. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini berfokus pada lahan kecil di beberapa wilayah sekitar tempat tinggal penulis seperti, daerah Legok, BSD, dan Serpong. Penulis berharap penelitian ini dapat dibawa ke daerah atau lahan yang lebih luas dan beragam untuk menguji reliabilitas serta kelayakan adaptasi sistem dalam kondisi nyata yang lebih kompleks
4. Penelitian ini menggunakan empat jenis tanaman yang menjadi acuan rekomendasi jenis tanaman yang di uji di sistem perangkat. Mengharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat menambahkan jenis tanaman yang dapat di uji pada sistem perangkat IoT. Keberagaman tanaman yang dapat dimasukan pada sistem rekomendasi jenis tanaman ini dapat membuka opsi jenis tanaman yang lebih luas sesuai keinginan petani.
5. Untuk pengemabangan lebih lanjut menganjurkan penambahan fitur indikasi baterai untuk mengetahui kondisi kapasitas baterai tersisa kepada petani.

Secara keseluruhan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengaplikasian teknologi IoT pada sektor pertanian dan menjadi solusi untuk membantu petani dalam membuat keputusan untuk memilih jenis tanaman yang tepat sehingga dapat meningkatkan produktivitas pertanian.



## DAFTAR PUSTAKA

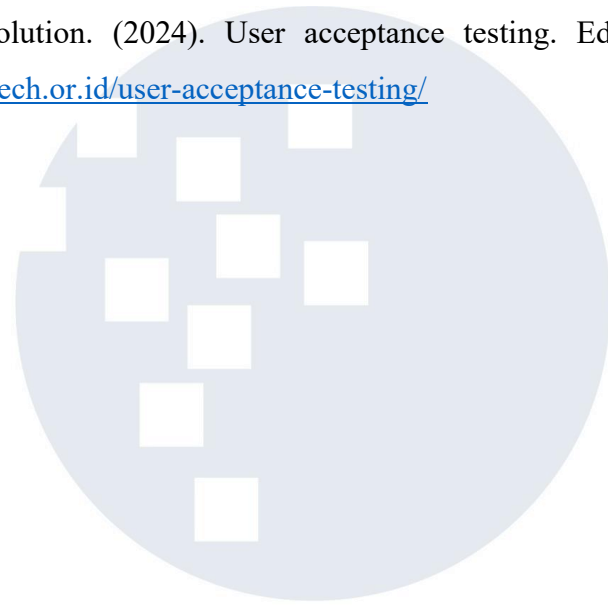
- [1] Tembusai, Z. R., & Armando, B. . (2024). Sistem Monitoring Kualitas Tanah Tanaman Hias Berbasis IoT dengan Sensor pH. <https://doi.org/10.33395/jmp.v13i2.14364>
- [2] Ratmini, N. P. S., & Maryana, Y. E. (2021). Tantangan dan Strategi Pengelolaan Lahan Kering Masam untuk Pertanian Berkelanjutan di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. <https://conference.unsri.ac.id/index.php/lahansuboptimal/article/download/2408/1329>
- [3] Hasan, A., Maulidina, I., Mutmainna, M., Idul, I., Adzima, A. F., & lain-lain. (2024). Pemberdayaan petani melalui pelatihan selidik cepat kesuburan tanah sawah di Desa Panaikang, Kecamatan Minasatene, Kabupaten Pangkep. *Jurnal Dinamika Pengabdian*. doi:10.20956/jdp.v9i1.30235
- [4] Haider, F. U., et al. (2021). Cadmium Toxicity in Plants: Impacts and Remediation Strategies. *Agriculture*. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111887>
- [5] Purwanto, H., et al. (2021). Factors Affecting the Adoption of Good Agricultural Practices (GAP) by Smallholder Coffee Farmers in Indonesia. *Open Agriculture*.
- [6] PKP UGM. (2024). Inovasi Uji Tanah: Pengambilan Keputusan Petani. Pusat Kajian Pertanian dan Pembangunan, Universitas Gadjah Mada. <https://pkp.pasca.ugm.ac.id/wp-content/uploads/sites/1230/2024/05/4.-3-IND-Inovasi-Uji-Tanah-Pengambilan-Keputusan-Petani.pdf>
- [7] Luck, N., Grimm, M., & Sawhney, U. (2024). *A large-scale pilot experiment on low-cost soil-test kits to enhance sustainable farming among small holders in Indonesia*. Deutsche Bundesstiftung Umwelt. [https://opac.dbu.de/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-36088\\_01-Hauptbericht.pdf](https://opac.dbu.de/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-36088_01-Hauptbericht.pdf)
- [8] DBU / Project report (pengantar PUTS & pilot): *A large-scale pilot experiment on low-cost soil-test kits* (report summary mentions PUTS development and limitations). [https://opac.dbu.de/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-36088\\_01-Hauptbericht.pdf](https://opac.dbu.de/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-36088_01-Hauptbericht.pdf)
- [9] PKP UGM. (2024). Inovasi Uji Tanah: Pengambilan Keputusan Petani. Pusat Kajian Pertanian dan Pembangunan, Universitas Gadjah Mada.

<https://pkp.pasca.ugm.ac.id/wp-content/uploads/sites/1230/2024/05/4.-3-IND-Inovasi-Uji-Tanah-Pengambilan-Keputusan-Petani.pdf>

- [10] Hariono, T., Zulfikar, & Pradana, M.R.P. (2024). *Perancangan Monitoring pH, Kelembaban dan Suhu pada Tanah Berbasis IoT (ESP32)*. Jurnal Cybernetic Inovatif (JCI), Vol.8 No.8, 2024. (Prototipe IoT pH/soil moisture/temperature).  
<https://jurnalhost.com/index.php/jci/article/view/1644>
- [11] Alfassa, A. I., Zhafira, A., Sifa, R. Y., Sari, E. K., Indriani, N., & Hidayah, N. (2025). Literature review: Pemanfaatan internet of things (IoT) di sektor pertanian, peternakan, dan perikanan. Jurnal Perangkat Lunak.  
<https://doi.org/10.32520/jupel.v7i2.4237>
- [12] Setyawan, D. Y. (2024). *Automasi dan Internet of Things (IoT) pada Pertanian Cerdas*. Jurnal Pendidikan & Pembelajaran (JUPel), Universitas Siliwangi.  
<https://ejournal.unisi.ac.id/index.php/jupel/article/download/4237/1881>
- [13] Badan Pusat Statistik Kabupaten Tangerang. (2023 - 2025). *Kabupaten Tangerang dalam Angka 2025*. BPS Kabupaten Tangerang.
- [14] Badan Pusat Statistik Kota Tangerang Selatan. (2023 - 2025). *Kota Tangerang Selatan dalam Angka 2025*. BPS Kota Tangerang Selatan.
- [15] A. Rakshit, S. K. Singh, P. C. Abhilash, & A. Biswas (2021). Soil pH and Plant Nutrition. In *Soil Science: Fundamentals to Recent Advances*. Springer, Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-16-0917-6>
- [16] Busran, Syahrani, A., Putra, E. K., Yulianti, E., & Djauhari, M. V. (2024). Analisis lahan dan rekomendasi tanaman pada sistem pertanian cerdas berbasis IoT (Kasus: Lahan Petani Durian Tarung, Kec. Kuranji, Kota Padang). *Jurnal Teknoif Teknik Informatika Institut Teknologi Padang*.  
<https://teknoif.itp.ac.id/index.php/teknoif/id/article/view/810/848>
- [17] PKP UGM. (2024). Inovasi Uji Tanah: Pengambilan Keputusan Petani. Pusat Kajian Pertanian dan Pembangunan, Universitas Gadjah Mada.  
<https://pkp.pasca.ugm.ac.id/wp-content/uploads/sites/1230/2024/05/4.-3-IND-Inovasi-Uji-Tanah-Pengambilan-Keputusan-Petani.pdf?>

- [18] Sari, R. P. (2024, 24 Januari). Internet of Things (IoT): Pengertian, cara kerja dan contohnya. Cloud Computing Indonesia. <https://www.cloudcomputing.id/pengetahuan-dasar/iot-pengertian-contohnya>
- [19] Nurhidayati, I. (2023, 21 Juli). Internet of Things (IoT) dan penggunaannya dalam bidang pertanian. Mertani <https://www.mertani.co.id/post/internet-of-things-iot-dan-penggunaannya-dalam-bidang-pertanian>
- [20] Maulana, K. Y. (2022, 30 Desember). Apa itu ESP32, salah satu modul Wi-Fi populer. AnakTeknik. <https://www.anakteknik.co.id/krysnayudhamaulana/articles/apa-itu-esp32-salah-satu-modul-wi-fi-poppuler>
- [21] ElProCus. (n.d.). *DS18B20 Temperature Sensor: Pin Diagram, Working & Its Applications*. Diakses dari ElProCus <https://www.elprocus.com/ds18b20-temperature-sensor/>
- [22] ARIAT TECH. (2024, April 19). The ultimate guide to the DS18B20 digital temperature sensor. <https://id.ariat-tech.com/blog/the-ultimate-guide-to-the-ds18b20-digital-temperature-sensor.html>
- [23] Suryana, T. (2021). Mengukur kelembaban tanah dengan capacitive soil moisture sensor. Jurnal Komputa, Universitas Komputer Indonesia. <https://repository.unikom.ac.id/68742/1/Mengukur%20Kelembaban%20Tanah%20dengan%20Capacitive%20Soil%20moisture%20sensor.pdf>
- [24] Maghuna, K. T. J., Wibawa, I. M. S., Suardana, P., Widagda, I. G. A., Trisnawati, N. L. P., & Kasmawan, I. G. A. (2024). Perancangan alat ukur kelembaban tanah menggunakan capacitive soil moisture sensor berbasis Android. Kappa Journal – Physics & Physics Education. <https://e-journal.hamzanwadi.ac.id/index.php/kpj/article/view/25122/5673>
- [25] JXCT. (n.d.). Soil pH sensor IoT high accuracy soil acidity meter tester. <https://www.jxct-iot.com/product/showproduct.php?id=191>
- [26] Random Nerd Tutorials. (2021). ESP32 Web Server – Beginner's Guide. Random Nerd Tutorials. <https://randomnerdtutorials.com/esp32-web-server-beginners-guide/>

- [27] EngineersGarage. (2021). *ESP8266/ESP32 based WiFi access point using MicroPython*. EngineersGarage.  
<https://www.engineersgarage.com/esp8266-esp32-based-wifi-access-point-using-micropython/>
- [28] Sommerville, I. (2016). *Software engineering* (10th ed.). Pearson Education.  
<https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/software-engineering/P200000006248>
- [29] Edutech Solution. (2024). User acceptance testing. Edutech Solution.  
<https://edutech.or.id/user-acceptance-testing/>



UMN  
UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA

## LAMPIRAN

### Lampiran A. Hasil Pengecekan Turnitin



Page 2 of 55 - Integrity Overview

## 13% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

### Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text

### Top Sources

- 11% Internet sources
- 2% Publications
- 5% Submitted works (Student Papers)

1	Student papers	Academic Library Consortium	4%
2	Internet	kc.umn.ac.id	2%
3	Internet	teknoif.itp.ac.id	<1%
4	Internet	jurnal.dharmawangsa.ac.id	<1%
5	Internet	www.mertani.co.id	<1%
6	Publication	Zoelkarnain Rinanda Tembusai, Benny Armando. "Sistem Monitoring Kualitas Ta..."	<1%
7	Internet	cyberhub.id	<1%
8	Internet	repository.ub.ac.id	<1%
9	Student papers	Universitas Pamulang	<1%
10	Publication	Gerry Dwi Utomo, Dedi Triyanto, Uray Ristian. "SISTEM MONITORING DAN KONTR..."	<1%
11	Publication	Sutra Wardatul Jannah, Dwi Santi Ulin Fathira, Sri Nitia FathAstutikira. "IMPLEME..."	<1%

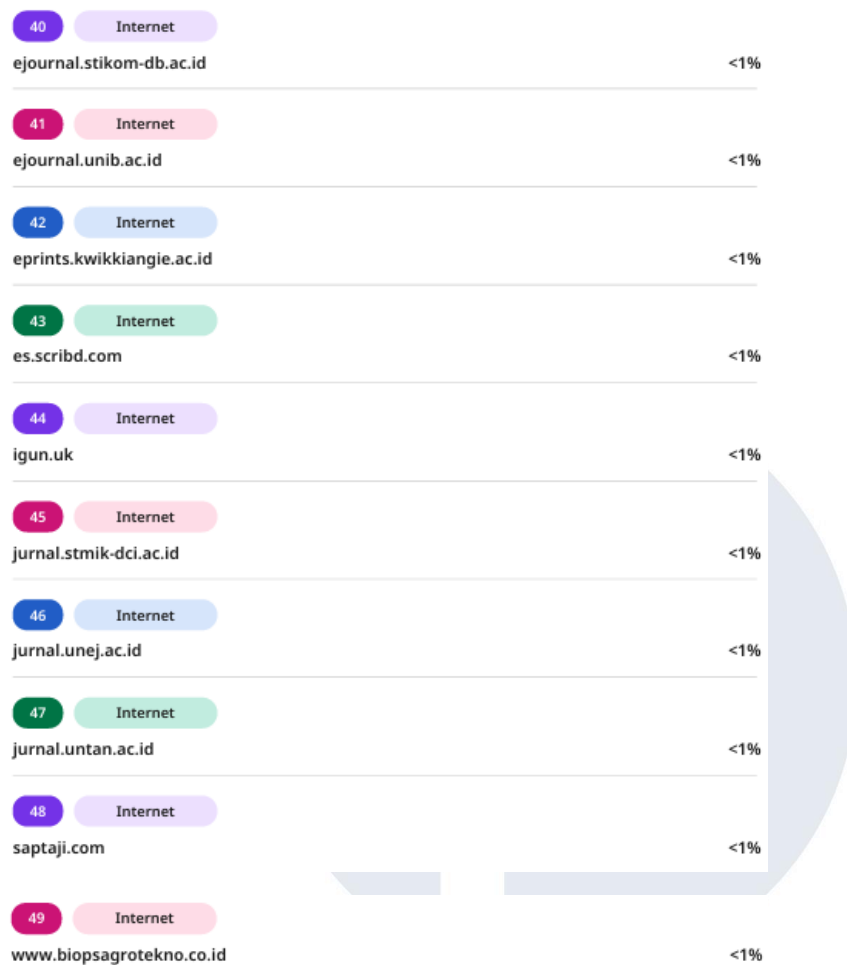


12	Internet	www.coursehero.com	<1%
13	Student papers	itera	<1%
14	Internet	portaldata.org	<1%
15	Internet	id.123dok.com	<1%
16	Internet	domvpavilino.ru	<1%
17	Publication	Danilh Danilh, Sugiyatno Sugiyatno. "Sistem Monitoring Berbasis Internet of Thing...	<1%
18	Student papers	Telkom University	<1%
19	Internet	www.slideshare.net	<1%
20	Internet	repo.usni.ac.id	<1%
21	Internet	repository.unissula.ac.id	<1%
22	Internet	student-research.umm.ac.id	<1%
23	Internet	ejournal3.undip.ac.id	<1%
24	Internet	jurnal.una.ac.id	<1%
25	Internet	library.binus.ac.id	<1%

AS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA

26	Internet	umpir.ump.edu.my	<1%
27	Internet	eprints.undip.ac.id	<1%
28	Internet	gun-viet.net	<1%
29	Internet	neosjo.blogspot.com	<1%
30	Internet	pakeniska.blogspot.com	<1%
31	Internet	repository.uhn.ac.id	<1%
32	Internet	text-id.123dok.com	<1%
33	Internet	www.picluck.net	<1%
34	Internet	www.scribd.com	<1%
35	Publication	Cherlene Kezia Rade Leba. "PERAN INTERNET OF THINGS DALAM MENINGKATKAN...	<1%
36	Student papers	STT PLN	<1%
37	Internet	adoc.pub	<1%
38	Internet	core.ac.uk	<1%
39	Internet	docplayer.info	<1%

UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA



UMN  
UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA

Lampiran B. Formulir Konsultasi Skripsi

**FORMULIR KONSULTASI SKRIPSI – FAKULTAS TEKNIK & INFORMATIKA**

**Dosen Pembimbing** : Dareen Kusuma Halim  
**Jurusan** : Teknik Komputer  
**Semester** : 13  
**Nama** : Muhammad Adrian maulana  
**NIM** : 00000042312



No	Tanggal	Jam	Keterangan	Tanggal Approval
1	22 Mei 2025	15:00	diskusi awal tentang hubungan rumusan masalah dengan latar belakang utama.	05 Januari 2026 9:25
2	17 Juni 2025	14:00	Diskusi scope daerah / tempat penelitian dan variasi jenis tanaman.	05 Januari 2026 9:25
3	06 Oktober 2025	10:40	Review dan diskusi Draft pertama skripsi tugas akhir.	05 Januari 2026 9:25
4	15 Oktober 2025	15:00	diskusi lanjutan tentang perbaikan dan penambahan di draft pertama tugas akhir	05 Januari 2026 9:25
5	28 Agustus 2025	15:30	Diskusi tentang planning solusi terhadap masalah untuk bab 3	05 Januari 2026 9:25
6	26 November 2025	10:30	Review dan diskusi Draft kedua skripsi tugas akhir.	05 Januari 2026 9:25
7	27 November 2025	14:00	Diskusi lanjutan tentang perbaikan dan penambahan di draft kedua tugas akhir	05 Januari 2026 9:25
8	16 Desember 2025	16:00	Review dan diskusi Draft ketiga skripsi tugas akhir.	05 Januari 2026 9:25



#### Lampiran C. Daftar Penggunaan Ai

1. Chatgpt
2. Gemini
3. Claude
4. Blackbox
5. Elicit
6. Perplexity
7. grok



UMN

UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA