

IMPLEMENTASI SISTEM PEMANTAUAN LAPANGAN PADA LAHAN PERTANIAN BERBASIS IOT



Disusun Oleh:

N a m a : Muhammad Daffa Ramadhan

NIM : 22523024

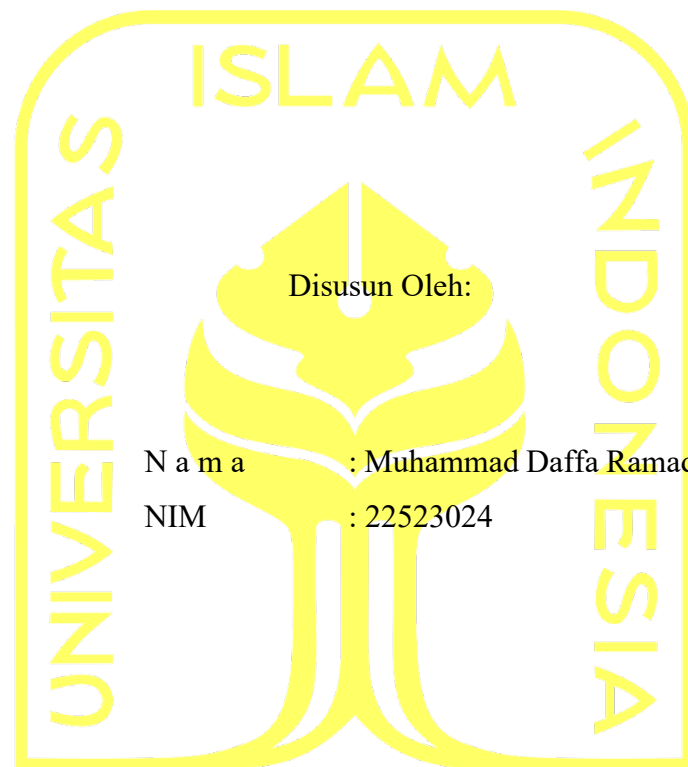
**PROGRAM STUDI INFORMATIKA – PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2026

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**IMPLEMENTASI SISTEM PEMANTAUAN LAPANGAN
PADA LAHAN PERTANIAN BERBASIS IOT**

TUGAS AKHIR



N a m a : Muhammad Daffa Ramadhan
NIM : 22523024

المعهد الإسلامي
Yogyakarta, 22 Desember 2025
الجامعة الإسلامية

Pembimbing,

(Kurniawan Dwi Irianto S.T., M.Sc.)

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**IMPLEMENTASI SISTEM PEMANTAUAN LAPANGAN
PADA LAHAN PERTANIAN BERBASIS IOT****TUGAS AKHIR**

Telah dipertahankan di depan sidang pengujian sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer dari Program Studi Informatika – Program Sarjana di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 2026

Tim Penguji

Kurniawan Dwi Irianto, S.T., M.Sc

Anggota 1

Hari Setiaji, S.Kom., M.Eng

Anggota 2

Sri Mulyati, S.Kom., M.Kom

Mengetahui,

Ketua Program Studi Informatika – Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



(Dhomas Hatta Fudholi, S.T., M.Eng., Ph.D)

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Daffa Ramadhan

NIM : 22523024

Tugas akhir dengan judul:

IMPLEMENTASI SISTEM PEMANTAUAN LAPANGAN PADA LAHAN PERTANIAN BERBASIS IOT

Menyatakan bahwa seluruh komponen dan isi dalam tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, tugas akhir yang diajukan sebagai hasil karya sendiri ini siap ditarik kembali dan siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini dibuat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 22 Desember 2025



(Muhammad Daffa Ramadhan)

HALAMAN MOTO

“Dan katakanlah: Ya Tuhanku, tambahkanlah kepadaku ilmu.”

(QS. Thaha: 114)

“In the middle of difficulty lies opportunity.”

– Albert Einstein

“Consistency is better than acceleration without control.”

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Kurniawan Dwi Irianto, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing, atas bimbingan, arahan, masukan, serta kesabaran yang diberikan selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Ayah (Joko Haryono) dan Ibu (Mira Ambarwati), serta saudara- saudara, atas doa, kasih sayang, dukungan, dan motivasi yang selalu diberikan tanpa henti.
3. Bapak Dr. Raden Teduh Dirgahayu, S.T., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Informatika dan Bapak Dhomas Hatta Fudholi, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Informatika Universitas Islam Indonesia, atas dukungan dan arahan akademik yang diberikan.
4. Nurandra Satya Adhi, selaku *partner* penelitian, atas kerja sama, diskusi, dan kontribusi selama pelaksanaan penelitian.
5. Seseorang dengan NIM 22522162 yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan motivasi selama proses penyusunan skripsi ini.
6. Sahabat dan teman-teman yang selalu menemani, baik melalui diskusi, bantuan teknis, maupun dukungan moral selama proses pengerjaan skripsi ini.
7. Seluruh pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam pengembangan teknologi informasi di bidang pertanian.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 22 Desember 2025



(Muhammad Daffa Ramadhan)

SARI

Pemantauan kondisi lahan pertanian secara manual masih banyak dilakukan dan bergantung pada pengalaman petani, sehingga menyulitkan dalam mengetahui perubahan kondisi lingkungan secara cepat, terutama saat petani tidak berada di lokasi lahan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan lahan pertanian berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu memantau kondisi lingkungan secara real-time dan berkelanjutan. Sistem dikembangkan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama, dengan sensor *Soil Moisture* untuk mengukur kelembapan tanah, DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, serta BH1750 untuk mengukur intensitas cahaya. Data sensor dikirimkan ke *Firestore Realtime Database* melalui koneksi Wi-Fi dan ditampilkan pada aplikasi mobile sehingga dapat diakses dari jarak jauh. Selain pemantauan real-time, sistem dilengkapi dengan fitur *forecasting* sederhana berbasis data historis untuk memberikan gambaran awal kondisi lahan. Metode penelitian yang digunakan adalah prototype dengan pengujian sistem menggunakan *Black Box*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membaca parameter lingkungan dengan baik, mengirimkan data secara stabil, serta menampilkan informasi pada aplikasi secara konsisten, sehingga sistem dinilai dapat membantu petani dalam memantau kondisi lahan dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data.

Kata kunci: *Internet of Things (IoT)*, Prototype, ESP32, Pemantauan Lahan Pertanian, *Firestore*.

GLOSARIUM

Black Box	Metode pengujian sistem yang berfokus pada fungsi dan keluaran sistem tanpa memperhatikan struktur internal perangkat lunak atau perangkat keras.
ESP32	Mikrokontroler yang dilengkapi dengan modul Wi-Fi dan Bluetooth, digunakan sebagai pengendali utama dalam sistem Internet of Things..
Firebase	Platform berbasis cloud yang digunakan untuk penyimpanan, pengelolaan, dan sinkronisasi data secara real-time.
Forecasting	Proses memprediksi kondisi di masa mendatang berdasarkan data historis yang telah dikumpulkan sebelumnya.
Internet of Things	Konsep teknologi yang memungkinkan perangkat fisik saling terhubung melalui jaringan internet untuk mengumpulkan dan bertukar data.
Mikrokontroler	Perangkat elektronik yang berfungsi sebagai pusat pengendali sistem dengan menjalankan program tertentu.
Prototype (Metode)	Metode pengembangan sistem yang dilakukan dengan membuat model awal sistem untuk diuji, dievaluasi, dan disempurnakan secara bertahap.
Prototype (Perangkat)	Perangkat atau sistem awal yang dibuat sebagai representasi fungsional untuk menguji kinerja dan fungsi sebelum tahap implementasi penuh.
Sensor	Komponen elektronik yang digunakan untuk mendeteksi dan mengukur besaran fisik tertentu dari lingkungan.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
HALAMAN MOTO	v
KATA PENGANTAR.....	vi
SARI	vii
GLOSARIUM	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Metodologi Penelitian Secara Umum	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Kontekstualisasi Masalah Pengembangan Sistem Pemantauan Pertanian.....	6
2.2 Perbandingan Metodologi Penelitian	8
2.3 Teori Metodologi Prototype.....	10
2.4 Teori Black Box	11
2.5 Komponen Alat Internet of Things	12
2.5.1 ESP32.....	12
2.5.2 Sensor DHT22.....	12
2.5.3 Soil Moisture.....	12
2.5.4 BH1750	13
2.5.5 Firebase Realtime Database	13
2.6 Internet of Things.....	13

2.7	Smart Farming.....	14
2.8	Alat Komersial sebagai Pembanding	14
2.8.1	Three-Way Meter	14
2.8.2	HTC-2	15
2.9	Metode Forecasting Moving Average.....	15
BAB III METODE PENELITIAN.....		16
3.1	Metode Penelitian	16
3.2	Diagram Penelitian.....	16
3.3	Tahapan Penelitian.....	17
3.3.1	<i>Communication</i>	17
3.3.2	<i>Quick Plan</i>	22
3.3.3	<i>Modeling Quick Design</i>	24
3.3.4	<i>Construction of Prototype</i>	31
3.3.5	Delivery & Feedback	33
3.4	Metode Pengujian Sistem menggunakan Black Box	34
3.4.1	Rancangan Pengujian.....	34
3.4.2	Kriteria Keberhasilan	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		36
4.1	Implementasi Sistem Pemantauan	36
4.1.1	Implementasi Pembacaan Sensor.....	36
4.1.2	Implementasi Pengiriman Data ke Firebase.....	38
4.1.3	Implementasi Alur Sistem Secara Keseluruhan.....	38
4.2	Implementasi Lingkungan dan Konfigurasi Pengujian Sistem.....	39
4.2.1	Lingkungan Pengujian	39
4.2.2	Konfigurasi Perangkat Keras	40
4.2.3	Konfigurasi Jaringan dan Firebase.....	40
4.2.4	Interval Pembacaan dan Pengiriman Data	41
4.2.5	Perangkat Lunak Pendukung Pengujian	41
4.3	Skenario Pengujian Sistem menggunakan Black Box	41
4.4	Hasil Pengujian Sistem	44
4.4.1	Hasil Pengujian Pembacaan Sensor	44
4.4.2	Hasil Pengujian Koneksi Wi-Fi dan <i>Reconnect</i> Otomatis	46
4.4.3	Hasil Pengujian Pengiriman Data ke Firebase.....	46
4.4.4	Hasil Pengujian Tampilan Aplikasi	47

4.4.5	Hasil Pengujian Stabilitas Sistem	48
4.4.6	Hasil Pengujian Implementasi <i>Forecasting</i>	49
4.4.7	Rekapitulasi Hasil pengujian	51
4.5	Perbandingan Sistem Pemantauan dengan Alat Komersial	51
4.5.1	Perbandingan Sistem IoT dengan Alat Komersial.....	52
4.5.2	Perbandingan Hasil Pengukuran Sistem IoT dengan Alat Komersial	52
4.5.3	Pembahasan Hasil Perbandingan	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		55
5.1	Kesimpulan	55
5.2	Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....		57
LAMPIRAN		60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Metodologi Penelitian.....	8
Tabel 3.1 Penentuan Indikator, Parameter, dan Variabel	19
Tabel 3.2 Ringkasan Wawancara.....	20
Tabel 3.3 Rancangan Black Box	34
Tabel 4.1 Klasifikasi Kelembapan Tanah.....	37
Tabel 4.2 Klasifikasi Intensitas Cahaya.....	37
Tabel 4.3 Klasifikasi Kelembapan Udara	37
Tabel 4.4 Klasifikasi Suhu Udara	38
Tabel 4.5 Skenario Pengujian Sistem menggunakan Black Box	42
Tabel 4.6 Tabel Rekapitulasi Hasil Pengujian.....	51
Tabel 4.7 Perbandingan Sistem IoT dengan Alat Komersial.....	52
Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Pengukuran Sistem IoT dengan Alat Komersial	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Penelitian <i>Prototype</i> (Pressman, 2012).....	17
Gambar 3.2 Desain Arsitektur Diagram	27
Gambar 3.3 Desain <i>hardware</i>	28
Gambar 3.4 <i>Flowchart</i> Sistem IoT	29
Gambar 3.5 <i>Flowchart Forecasting</i>	30
Gambar 3.6 Desain <i>Interface</i> Aplikasi.....	31
Gambar 4.1 Hasil Uji Pembacaan Sensor <i>Soil Moisture</i>	45
Gambar 4.2 Hasil Uji Pembacaan Sensor DHT22.....	45
Gambar 4.3 Hasil Uji Pembacaan Sensor BH1750	46
Gambar 4.4 Hasil Uji Pengiriman Data ke Firebase.....	47
Gambar 4.5 Hasil Uji Tampilan Aplikasi	48
Gambar 4.6 Hasil Uji Implementasi <i>Forecasting</i>	51

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertanian merupakan salah satu sektor penting untuk memenuhi kebutuhan pangan dan perekonomian negara, dengan lahan sawah sebagai produksi padi, komoditas utama yang menjadi makanan pokok sebagian besar masyarakat. Sawah, sebagai sistem pertanian yang berbasis irigasi, memerankan peran penting dalam menjaga stabilitas produksi pangan. Namun, pengelolaan lahan sawah di Indonesia seringkali menghadapi berbagai tantangan, seperti keterbatasan informasi secara langsung tentang kondisi lahan, termasuk kelembapan tanah, dan suhu. Banyak petani masih mengandalkan pengamatan manual dan tradisional, yang membuat kurang akurat dan tidak efisien. Akibatnya, produktivitas pertanian khususnya pada lahan sawah, masih tergolong rendah dibandingkan dengan negara-negara yang telah menggunakan teknologi modern, sehingga menghambat upaya peningkatan hasil panen oleh petani (Tualar, 2017).

Dengan perkembangan teknologi hingga saat ini, khususnya *Internet of Things* (IoT) muncul solusi inovatif yang dapat diterapkan dalam berbagai sektor, termasuk pertanian. IoT memungkinkan perangkat seperti sensor dan mikrokontroler untuk saling terkoneksi dan mengumpulkan data secara langsung dari lapangan. Data yang dikumpulkan oleh sistem, seperti suhu udara, kelembapan tanah, intensitas cahaya, dapat diakses secara langsung kapan pun dan di mana pun (Nuryadi et al., 2025). Penerapan IoT dalam pertanian ini memungkinkan para petani untuk memantau kondisi lahan secara akurat dan efisien, sehingga dapat mengoptimalkan pengelolaan sumber daya dengan baik, serta mengurangi risiko kegagalan panen akibat kondisi lingkungan.

Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan potensi penerapan IoT dalam pertanian. Sebagai contoh, penelitian oleh Nuryadi et al. (2025) yang mengembangkan sistem pemantauan tanah berbasis IoT menggunakan platform ESP32. Sistem ini dirancang untuk memantau kondisi tanah secara langsung dengan data yang dikirim ke server dan akan memunculkan notifikasi pada aplikasi Telegram ketika kondisi tanah di luar ambang batas optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mampu memantau kondisi tanah secara efisien, serta memberikan solusi untuk petani merespon dengan cepat terhadap perubahan kondisi tanah.

Selain itu, penelitian oleh Natalia et al. (2024) yang merancang sistem pemantauan lingkungan menggunakan IoT untuk mendukung pertanian padi yang lebih efektif. Sistem ini juga mengintegrasikan sensor dengan data yang diolah pada platform *cloud* dan ditampilkan melalui website. Pada simulasi awal menunjukkan bahwa sistem ini dapat meningkatkan hasil panen hingga 15% dan mengurangi penggunaan air serta biaya operasional hingga 20%. Penelitian ini memperkuat pentingnya IoT dalam meningkatkan efisiensi sumber daya dan keberlanjutan pertanian padi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem pemantauan lapangan pada lahan pertanian berbasis IoT menggunakan sebuah mikrokontroler. Mikrokontroler yang digunakan merupakan ESP32 yang dilengkapi dengan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth. ESP32 digunakan karena kemampuannya dalam menangani berbagai jenis sensor yang digunakan dalam pemantauan lahan serta kemampuannya dalam mendukung komunikasi data secara langsung. Dengan demikian, pemantauan lapangan pada lahan pertanian dapat dilakukan secara lebih efisien, akurat, dan real-time, sehingga memudahkan petani atau pengguna dalam mengambil keputusan berdasarkan data kondisi lingkungan yang ada.

Penerapan sistem pemantauan lapangan pada lahan pertanian berbasis IoT diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam pengelolaan pertanian. Dengan adanya data yang akurat dan mudah diakses, petani dapat mengambil keputusan yang lebih tepat dan cepat, seperti penjadwalan irigasi, pemupukan, dan pencegahan terhadap perubahan cuaca yang ekstrem. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya membantu meningkatkan hasil panen, tetapi juga berkontribusi pada ketahanan pangan dan kesejahteraan petani di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam merancang sistem untuk penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan lapangan pada lahan pertanian berbasis IoT?
2. Sensor apa saja yang sesuai untuk memantau lapangan pada lahan pertanian?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan lapangan pada lahan pertanian berbasis IoT.
2. Mengidentifikasi dan memilih jenis sensor yang sesuai untuk pemantauan lapangan pada lahan pertanian.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat baik secara praktis, teknologi, maupun akademis. Secara praktis, sistem pemantauan berbasis IoT yang dikembangkan diharapkan memudahkan petani dalam memantau kondisi lahan sawah secara langsung, sehingga dapat mengambil keputusan yang lebih cepat dan tepat terkait penjadwalan irigasi, pemupukan, dan sebagainya. Dari sisi teknologi, penelitian ini dapat menjadi contoh penerapan IoT berbasis ESP32 dalam sektor pertanian yang dapat diadaptasi dan dikembangkan lebih lanjut. Sedangkan dari sisi akademis, penelitian ini dapat menambah literatur di bidang *smart farming* berbasis IoT, terutama pada pengembangan sistem pemantauan lapangan pada lahan pertanian.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus dan tidak melebar dari lingkup yang ditetapkan, maka ditetapkan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya mencakup perancangan dan implementasi perangkat IoT dengan mikrokontroler ESP32 dan sensor pendukungnya, dengan fokus pemantauan lapangan pada lahan pertanian, khususnya sawah.
2. Penelitian ini menggunakan hotspot pribadi sebagai sumber koneksi internet untuk pengiriman data, dengan mempertimbangkan ketersediaan jaringan di sekitar lokasi persawahan.

1.6 Metodologi Penelitian Secara Umum

Penelitian ini menggunakan metode Prototipe yang dikemukakan oleh Pressman, (2012). Metode ini dipilih karena bersifat iteratif dan memungkinkan pengembang untuk membangun purwarupa sistem, kemudian mengujinya dan memperbaikinya berdasarkan umpan balik pengguna. Pendekatan ini cocok untuk penelitian implementasi alat yang perlu melalui proses uji coba lapangan secara langsung.

Secara umum, langkah-langkah penelitian meliputi:

1. *Communication*

Menentukan permasalahan di lingkungan pertanian melalui observasi dan wawancara dengan petani untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem pemantauan yang akan dikembangkan.

2. *Quick Plan*

Menyusun rencana pengembangan sistem, termasuk pemilihan komponen hardware dan software yang sesuai, serta menentukan platform IoT yang digunakan.

3. *Modeling Quick Design*

Membuat rancangan awal sistem, seperti diagram alur kerja, desain rangkaian alat, serta desain antarmuka untuk pemantauan data.

4. *Construction of Prototype*

Melakukan perakitan perangkat dan pemrograman sistem berbasis ESP32 untuk membaca data sensor dan mengirimkannya ke database Firebase secara real-time.

5. *Delivery & Feedback*

Melakukan uji coba prototype di lapangan dan mengumpulkan umpan balik dari pengguna untuk melakukan penyempurnaan sistem agar lebih efektif dan efisien.

6. Hasil Akhir dan Penyusunan Laporan

Prototype yang telah disempurnakan menjadi produk akhir berupa sistem pemantauan pertanian berbasis IoT, kemudian disusun dalam bentuk laporan penelitian tugas akhir.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan memberikan panduan untuk memahami isi dan tujuan laporan tugas akhir. Berikut adalah susunan sistematikanya:

a. BAB I: PENDAHULUAN

BAB ini berisi latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penelitian. Tujuannya adalah memberikan gambaran umum mengenai ruang lingkup penelitian tugas akhir.

b. BAB II: KAJIAN PUSTAKA

BAB ini membahas landasan teori yang mendukung penelitian, meliputi konsep IoT, studi literatur, serta spesifikasi perangkat yang digunakan. Tujuannya adalah untuk memberikan dasar teoritis untuk mendukung pengembangan sistem dalam tugas akhir.

c. BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

BAB ini menjelaskan metodologi penelitian, gambaran sistem secara umum, analisis kebutuhan proses, perancangan sistem, dan pengujian sistem. Tujuannya adalah untuk memaparkan proses yang digunakan dalam penelitian tugas akhir.

d. BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB ini membahas hasil dari pengembangan sistem pemantauan dan perhitungan pengunjung, analisis sistem, serta hasil pengujian perangkat. Tujuannya adalah untuk menyampaikan hasil dari penelitian.

e. BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN

BAB ini merangkum hasil penelitian dan memberikan rekomendasi untuk pengembangan penelitian di masa depan. Tujuannya adalah untuk menyimpulkan hasil dan memberikan saran bagi penelitian lanjutan

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kontekstualisasi Masalah Pengembangan Sistem Pemantauan Pertanian

Penyediaan data kondisi lahan secara akurat dan tepat waktu secara langsung merupakan hal penting dalam memajukan pertanian di era modern ini. Ketergantungan pada metode pemantauan konvensional yang bersifat manual seringkali menjadi penghambat dalam pengambilan keputusan yang akurat, seperti jadwal irigasi dan pemupukan. Seiring dengan kemajuan teknologi, banyak penelitian dan implementasi mulai beralih dari pendekatan tradisional ke sistem pemantauan berbasis teknologi digital, khususnya IoT. Dengan pengembangan IoT, para petani dapat melakukan pemantauan jarak jauh dan mengambil keputusan dengan cepat.

Contohnya, penelitian oleh Nuryadi et al. (2025) mengembangkan sistem pemantauan kesuburan tanah secara *real-time* dengan mengukur kelembapan, pH, dan suhu tanah. Sistem berbasis ESP32 ini dilengkapi notifikasi otomatis ke Telegram dan visualisasi data melalui website. Pengembangan sistem ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D). Kelebihan utama metodologi ini adalah sifatnya yang iteratif, memungkinkan adanya penyempurnaan berkelanjutan berdasarkan umpan balik pengguna di setiap tahapan. Namun, kekurangan dari penelitian ini adalah belum adanya validasi sensor pada berbagai jenis dan kondisi tanah yang berbeda, serta penggunaan beberapa platform sekaligus yang berpotensi membingungkan pengguna awam.

Selain itu, penelitian yang dilakukan Natalia et al. (2024) juga merancang sistem pemantauan untuk pertanian padi menggunakan metodologi (R&D). Kekuatan R&D terletak pada prosesnya yang sistematis mulai dari identifikasi masalah hingga evaluasi dan revisi berulang. Melalui simulasi awal, sistem yang dirancang untuk memantau suhu, kelembapan, dan curah hujan ini diprediksi dapat meningkatkan hasil panen hingga 15%. Akan tetapi, kelemahan utamanya adalah sistem ini masih dalam tahap desain dan simulasi, sehingga efektivitasnya di kondisi lapangan belum teruji secara langsung.

Berbeda dengan penelitian Thoriq et al. (2022) yang mengembangkan sistem monitoring suhu dan kelembapan tanah berbasis ESP32 yang datanya dapat diakses melalui aplikasi Android. Sistem ini dikembangkan menggunakan metode rekayasa teknik yang terstruktur dan sistematis. Pendekatan ini memiliki keunggulan dalam perancangan yang rinci dan pengujian komponen yang teliti, di mana akurasi sensor terbukti tinggi, dan adanya fitur

cadangan data pada SD Card menjadi nilai tambah saat koneksi internet tidak stabil. Akan tetapi, sifat metodologi yang linear membuatnya kurang fleksibel terhadap perubahan kebutuhan di tengah proses, dan produk yang dihasilkan hanya berfokus pada dua parameter utama tanpa menyertakan pemantauan pH tanah.

Kemudian, penelitian oleh Sari & Rasyid (2022) yang merancang sistem pengairan sawah otomatis dan pemantauan pH tanah menggunakan model Prototype. Sistem berbasis NodeMCU ESP8266 ini secara otomatis mengontrol pintu air menggunakan motor servo berdasarkan ketinggian air yang dibaca oleh sensor ultrasonik, sementara data pH dipantau melalui platform *Thingier.io*. Pengujiannya menggunakan metode Black Box, yang memiliki kelebihan dalam memvalidasi fungsionalitas dari sudut pandang pengguna tanpa perlu mengetahui detail kode internal. Meskipun sistem terbukti bekerja sesuai harapan, kelemahannya adalah sistem ini belum menggabungkan parameter lingkungan lain seperti suhu dan kelembapan.

Di sisi lain, penelitian oleh Wibowo et al. (2024) merancang alat monitoring pompa air menggunakan metodologi perancangan terstruktur yang meliputi tahap observasi, perancangan, pengujian, dan pelaporan. Alat berbasis Arduino Uno ini memungkinkan petani mengatur durasi pompa, memantau volume air, dan mengestimasi biaya sewa. Kelebihan pendekatan ini adalah alurnya yang jelas dan sistematis, menghasilkan produk yang terbukti stabil dalam operasi jangka panjang. Meskipun demikian, keterbatasan utamanya adalah produk tidak memiliki konektivitas IoT, sehingga pemantauan tidak dapat dilakukan dari jarak jauh dan data tidak dapat diakses secara daring.

Terakhir, penelitian Heru et al. (2023) mengambil pendekatan berbeda dengan metode *literature review*. Keunggulan metode ini adalah kemampuannya memberikan gambaran yang luas dan komprehensif mengenai pemanfaatan IoT di bidang pertanian, seperti *smart irrigation* dan deteksi kesuburan tanah, dengan merujuk pada berbagai penelitian yang telah ada. Namun, kelemahan dari *literature review* adalah tidak adanya pengembangan atau pengujian prototipe fisik, sehingga efektivitas teknologi yang dibahas tidak dapat divalidasi secara empiris dalam penelitian tersebut.

Dari berbagai studi tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem pemantauan berbasis IoT memang mampu meningkatkan efisiensi dan ketepatan data di bidang pertanian. Namun, agar alat yang dikembangkan benar-benar bisa digunakan dengan baik, pemilihan metodologi penelitian juga harus tepat. Oleh karena itu, penting untuk menentukan kriteria yang bisa

menjadi dasar dalam memilih metodologi, seperti adanya tahap pengujian alat, proses riset yang kuat, dan hasil akhirnya berupa alat yang benar-benar bisa digunakan di lapangan.

2.2 Perbandingan Metodologi Penelitian

Setelah memahami konteks permasalahan dan kriteria yang dibutuhkan, langkah selanjutnya adalah membandingkan berbagai metodologi penelitian yang relevan. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi pendekatan yang paling sistematis untuk menghasilkan sebuah prototype fungsional, dengan tetap mempertimbangkan karakteristik pengguna, keterbatasan sumber daya, dan kebutuhan sistem yang akan dikembangkan. Berikut adalah tabel perbandingan beberapa metodologi yang relevan:

Tabel 2.1 Perbandingan Metodologi Penelitian

Metodologi	Kelebihan	Kelemahan	Relevansi dengan IoT
Scrum	Proses iteratif dan cepat. Memungkinkan revisi dan peningkatan sistem secara bertahap. (Merzouk et al., 2020)	Tidak mendukung proyek berskala besar dengan banyak tim. Kurang sesuai untuk proyek IoT yang melibatkan pengembangan perangkat keras. (Merzouk et al., 2020)	Cukup relevan. Namun kurang cocok untuk proyek IoT yang fokus ke perangkat lunak dan data.
Kanban	Fleksibel, mudah diterapkan, dan mendukung perubahan kapan saja. (Merzouk et al., 2020)	Tidak memiliki batasan waktu dan struktur eksplisit. Kurang cocok untuk proyek yang memerlukan perencanaan dan kontrol yang ketat. (Merzouk et al., 2020)	Bisa digunakan untuk mengelola alur kerja proyek IoT yang tidak terlalu kompleks.
SAFe (<i>Scaled Agile Framework</i>)	Dirancang untuk proyek berskala besar. Mendukung kolaborasi lintas tim dalam proyek kompleks. (Merzouk et al., 2020)	Struktur terlalu berat dan rumit untuk proyek kecil atau individu. Tidak praktis digunakan dalam skripsi atau proyek penelitian. (Merzouk et al., 2020)	Relevan hanya untuk proyek IoT industri berskala besar yang melibatkan banyak tim lintas disiplin.

Design Thinking	Fokus pada pemahaman kebutuhan pengguna dan pencarian solusi inovatif. Cocok untuk tahap awal perancangan alat atau sistem berbasis IoT. (Teo., 2025)	Tidak menyediakan struktur teknis lengkap untuk implementasi. Kurang sesuai jika digunakan sendiri tanpa kombinasi metode teknis lain. (Teo., 2025)	Relevan pada tahap awal, terutama untuk perancangan sistem IoT berbasis kebutuhan pengguna.
Prototype	Mampu menghasilkan model awal secara cepat sehingga memudahkan eksplorasi kebutuhan pengguna dan memungkinkan perbaikan sistem melalui umpan balik berulang pada tahap awal pengembangan (Zahra et al., 2024).	Berpotensi menghasilkan dokumentasi yang kurang lengkap apabila proses iterasi tidak diimbangi dengan pencatatan kebutuhan secara sistematis (Zahra et al., 2024).	Sangat relevan untuk IoT, karena pengembangan IoT membutuhkan validasi dini terhadap fungsi sensor, antarmuka, dan integrasi perangkat keras–perangkat lunak
Waterfall	Memiliki tahapan yang terstruktur dan terdokumentasi dengan baik sehingga mudah dipahami dan dikelola (Bakri et al., 2024).	Kurang fleksibel terhadap perubahan kebutuhan, sehingga sulit beradaptasi ketika terjadi penyesuaian spesifikasi di tengah pengembangan (Bakri et al., 2024).	Kurang optimal untuk IoT karena sistem IoT umumnya memerlukan iterasi dan pengujian berulang terhadap perangkat dan data sensor
RAD (<i>Rapid Application Development</i>)	Menekankan kecepatan pengembangan dan keterlibatan pengguna secara intensif melalui prototipe cepat (Zahra et al., 2024).	Kurang cocok untuk sistem yang membutuhkan pengujian mendalam terhadap perangkat keras dan kestabilan jangka panjang (Zahra et al., 2024).	Cukup relevan untuk pengembangan aplikasi pendukung IoT seperti dashboard, tetapi tidak optimal untuk pengembangan sistem IoT berbasis perangkat keras

Berdasarkan perbandingan berbagai metodologi pada Tabel 2.1, metode Prototype dipilih sebagai pendekatan yang paling sesuai untuk penelitian ini. Metodologi lain seperti Scrum, Kanban, dan SAFe lebih berorientasi pada pengembangan perangkat lunak berskala besar dan

kompleks sehingga kurang ideal untuk proyek IoT yang melibatkan perangkat keras dan integrasi sensor. Pendekatan linear seperti Waterfall juga kurang tepat karena tidak memberikan fleksibilitas ketika terjadi perubahan kebutuhan selama proses perakitan alat. Sementara itu, *Design Thinking* dan RAD lebih fokus pada sisi perancangan konsep dan aplikasi pendamping, bukan pada pengembangan perangkat fisik.

Dalam konteks penelitian ini, pengembangan sistem pemantauan lahan berbasis IoT membutuhkan proses yang dapat diuji secara langsung di lapangan, memerlukan umpan balik cepat, serta harus mampu menyesuaikan perbaikan berdasarkan kondisi lingkungan yang berubah-ubah. Oleh karena itu, metode Prototype menjadi pilihan paling tepat karena memungkinkan peneliti membuat *prototype* awal dengan cepat, melakukan pengujian sensor, memvalidasi keandalan koneksi data, serta melakukan penyempurnaan berulang sebelum menghasilkan alat yang stabil dan siap digunakan pada kondisi nyata di lahan pertanian. Metodologi ini selaras dengan karakter penelitian yang berorientasi pada pengembangan perangkat IoT yang bersifat iteratif dan membutuhkan validasi lapangan secara langsung.

2.3 Teori Metodologi Prototype

Metode Prototype adalah pendekatan pengembangan sistem yang menekankan pembuatan model awal yang dapat diuji dan dievaluasi oleh pengguna sebelum sistem akhir dibuat. Menurut Pressman (2012) Prototype memungkinkan peneliti memahami kebutuhan pengguna dengan lebih baik, mempercepat umpan balik, dan memperbaiki sistem secara iteratif.

Dalam penelitian ini, metode Prototype dilakukan melalui beberapa tahap berikut:

1. *Communication*

Menentukan permasalahan di lingkungan pertanian melalui observasi dan wawancara dengan petani, serta studi literatur untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem pemantauan yang akan dikembangkan.

2. *Quick Plan*

Menyusun rencana pengembangan sistem, termasuk pemilihan komponen *hardware* dan *software* yang sesuai, serta menentukan platform IoT yang digunakan.

3. *Modeling Quick Design*

Membuat rancangan awal sistem, seperti diagram alur kerja, desain rangkaian alat, serta desain antarmuka untuk pemantauan data.

4. *Construction of Prototype*

Melakukan perakitan perangkat dan pemrograman sistem berbasis ESP32 untuk membaca data sensor dan mengirimkannya ke *database* Firebase secara *real-time*.

5. *Delivery & Feedback*

Melakukan uji coba prototype di lapangan dan mengumpulkan umpan balik dari pengguna untuk melakukan penyempurnaan sistem agar lebih efektif dan efisien.

6. Produk Akhir

Setelah semua tahapan selesai dengan berbagai revisi dan penyempurnaan berdasarkan hasil pengujian, *prototype* yang dihasilkan sudah siap digunakan sebagai solusi pemantauan kondisi lahan secara *real-time*. Produk ini juga menjadi output utama dari penelitian dan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk implementasi skala lebih luas di masa depan.

2.4 Teori Black Box

Black Box merupakan metode pengujian perangkat lunak yang berfokus pada evaluasi fungsi sistem berdasarkan *input* dan *output* tanpa memperhatikan proses internal atau struktur kode program. Pengujian ini bertujuan memastikan bahwa suatu sistem mampu menghasilkan output yang benar sesuai kebutuhan dan perilaku yang diharapkan oleh pengguna akhir.

Dalam konteks sistem IoT, Black Box digunakan untuk memverifikasi fungsi-fungsi utama seperti pembacaan sensor, pengiriman data melalui jaringan, komunikasi dengan *database cloud*, serta penyajian data pada aplikasi. Karena pengujian dilakukan dari sudut pandang pengguna tanpa memerlukan pemahaman terhadap logika internal, metode ini sangat efektif untuk menguji perangkat IoT yang berinteraksi langsung dengan lingkungan fisik.

Agar pengujian dapat dilakukan secara terarah, beberapa tujuan utama dari Black Box meliputi:

1. Memastikan fungsi sistem berjalan sesuai spesifikasi.
2. Mengidentifikasi kesalahan atau ketidaksesuaian pada output.
3. Memvalidasi interaksi sistem dengan pengguna dan lingkungan.
4. Memastikan sistem dapat digunakan tanpa error dari perspektif pengguna.

Keunggulan metode ini antara lain kesederhanaan dalam pelaksanaan, cakupan pengujian yang luas dari sudut pandang pengguna, serta kemampuannya mengidentifikasi kesalahan fungsi tanpa harus memahami struktur internal program. Karena karakteristik tersebut, banyak digunakan dalam penelitian yang melibatkan perangkat IoT dan sistem berbasis sensor.

2.5 Komponen Alat Internet of Things

2.5.1 ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang menjadi inti dari banyak system IoT modern untuk dikembangkan menjadi aplikasi pertanian cerdas maupun sistem monitoring lingkungan. ESP32 memiliki kemampuan konektivitas nirkabel Wi-Fi dan Bluetooth yang terintegrasi, konsumsi daya rendah, serta kemampuan komputasi yang memadai untuk memproses data sensor secara *real-time* sebelum mengirimnya ke server atau platform *cloud* seperti Firebase. Dalam penelitian sistem *smart irrigation* berbasis IoT, ESP32 digunakan sebagai unit pusat kendali yang membaca input dari berbagai sensor dan mengirimkan data tersebut ke platform monitoring berbasis web secara langsung melalui koneksi internet (Ardianto et al., 2025).

Selain itu, ESP32 sering dipilih karena kemampuannya dalam integrasi antarmuka serta dukungan perangkat lunak yang luas. Dalam desain sistem monitoring pertanian, ESP32 menjadi penghubung utama antara bagian perangkat keras seperti sensor dan aplikasi atau *database cloud*, sehingga setiap parameter lingkungan seperti suhu, kelembapan, intensitas cahaya, dan kelembapan tanah dapat diakses dan dianalisis secara *real-time* oleh pengguna (Marzuki & Imam Taufik, 2025).

2.5.2 Sensor DHT22

Sensor DHT22 adalah sensor digital yang dirancang untuk mengukur suhu udara dan kelembapan secara langsung. Sensor ini memiliki keunggulan presisi yang lebih tinggi dibandingkan versi sebelumnya seperti DHT11, sehingga banyak digunakan dalam sistem monitoring lingkungan berbasis IoT untuk pertanian pintar. Data suhu dan kelembapan sangat penting dalam konteks pertanian modern karena kedua parameter ini memengaruhi proses fisiologis tanaman seperti fotosintesis dan kebutuhan air (Muflihah & Sucipto, 2025).

Dalam implementasi IoT, DHT22 akan terhubung ke mikrokontroler seperti ESP32 untuk pengambilan data periodik yang kemudian dapat diolah, disimpan, atau dikirim ke platform monitoring dan *database cloud*. Informasi suhu dan kelembapan ini menjadi data untuk para petani bisa memantau kondisi pertanian secara optimal bagi pertumbuhan tanaman (Ardianto et al., 2025).

2.5.3 Soil Moisture

Sensor *soil moisture* atau sensor kelembapan tanah berfungsi untuk mengukur kadar air yang tersedia dalam media tanam secara langsung. Parameter ini merupakan salah satu

indikator terpenting dalam pertanian karena menentukan kebutuhan irigasi tanaman, di mana tanah yang terlalu kering dapat menyebabkan stres tanaman, sedangkan tanah yang terlalu basah berpotensi menyebabkan masalah akar atau penyakit (Laksono et al., 2024). Dalam sistem IoT, nilai yang dibaca oleh sensor *soil moisture* umumnya diolah oleh mikrokontroler seperti ESP32 untuk memicu tindakan otomatis seperti *smart irrigation* atau mengirimkan data tersebut ke penyimpanan *cloud* untuk monitoring.

2.5.4 BH1750

Sensor BH1750 adalah sensor intensitas cahaya digital yang dirancang untuk mengukur tingkat pencahayaan dalam lingkungan. Nilai intensitas cahaya menjadi parameter penting dalam konteks pemantauan tanaman karena cahaya menentukan laju fotosintesis dan siklus vegetatif tanaman. Sensor BH1750 bekerja dengan output digital yang dapat dibaca langsung oleh mikrokontroler, sehingga sangat cocok untuk integrasi dalam sistem IoT tanpa perlu konversi analog (Wahyu et al., 2021).

2.5.5 Firebase Realtime Database

Firestore *Realtime Database* adalah layanan *database cloud* yang menyediakan kemampuan penyimpanan dan sinkronisasi data secara *real-time*. Dalam konteks IoT, Firestore sering digunakan sebagai platform *backend* untuk menerima data sensor dari perangkat dan menampilkan data tersebut kepada pengguna melalui aplikasi web atau *mobile*. Firestore mendukung pembacaan serta penulisan data secara serentak oleh banyak pengguna tanpa *latency* tinggi, sehingga cocok untuk aplikasi monitoring kondisi lingkungan seperti pertanian cerdas (Ardianto et al., 2025).

Firestore memungkinkan perangkat IoT untuk terhubung ke *database* hanya dengan koneksi internet, tanpa perlu konfigurasi server kompleks. Data sensor disimpan dalam struktur JSON di Firestore, sehingga aplikasi dapat secara langsung memperoleh *update* terbaru dan menampilkan grafik, status, atau notifikasi. Penggunaan Firestore dalam IoT juga mempercepat pengembangan *front-end* atau *dashboard* monitoring tanpa harus membangun infrastruktur *backend* sendiri (Ar-razy & Wag yana, 2025).

2.6 Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah konsep teknologi di mana objek fisik atau perangkat yang dilengkapi sensor, aktuator, dan konektivitas jaringan dapat saling berkomunikasi dan bertukar

data melalui internet tanpa perlu interaksi manusia secara langsung. Dengan kata lain, IoT mengubah peralatan tradisional menjadi sistem yang *intelligent* dan *connected*, sehingga dapat melakukan pemantauan, otomatisasi, dan pengambilan keputusan secara real-time berdasarkan data yang dikumpulkan oleh sensor (Navarro, 2020).

Dalam aplikasi pertanian *smart farming*, IoT digunakan untuk mengumpulkan data lingkungan seperti suhu, kelembapan, intensitas cahaya, dan kelembapan tanah, kemudian memproses dan menyimpan data tersebut untuk tujuan monitoring, analisis, dan kontrol otomatis. Integrasi IoT dalam pertanian terbukti memberikan efisiensi yang lebih tinggi dalam penggunaan air, pengurangan biaya tenaga kerja, serta pengambilan keputusan berbasis data yang membantu meningkatkan produktivitas tanaman. Teknologi ini juga memungkinkan pemantauan jarak jauh melalui perangkat seluler atau komputer (Andrew & Haryono, 2022).

2.7 Smart Farming

Smart Farming atau pertanian cerdas adalah pendekatan pertanian modern yang memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi seperti IoT, sensor otomatis, *cloud computing*, serta analitik data untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas budidaya tanaman serta pengambilan keputusan agronomi berbasis data. Pendekatan ini menggantikan praktik konvensional yang bergantung pada observasi manual dan perkiraan, dengan sistem otomatis yang dapat memberikan wawasan tepat waktu tentang kondisi lingkungan dan kebutuhan tanaman (Andrew & Haryono, 2022).

2.8 Alat Komersial sebagai Pembanding

2.8.1 Three-Way Meter

Three-way meter merupakan alat ukur manual yang digunakan untuk mengukur beberapa parameter lingkungan, di antaranya kelembapan tanah dan intensitas cahaya. Alat ini bekerja dengan cara ditancapkan langsung ke tanah untuk pengukuran kelembapan tanah atau diarahkan ke sumber cahaya untuk pengukuran intensitas cahaya. Hasil pengukuran ditampilkan dalam bentuk skala analog pada perangkat. Penggunaan three-way meter bersifat langsung di lapangan dan tidak dilengkapi dengan fitur penyimpanan data, sehingga nilai hasil pengukuran hanya dapat diketahui pada saat alat digunakan (Panji et al., 2018).

2.8.2 HTC-2

HTC-2 merupakan alat ukur suhu dan kelembapan udara yang menampilkan hasil pengukuran secara digital melalui layar perangkat. Alat ini dapat digunakan baik di dalam maupun di luar ruangan untuk memantau kondisi suhu dan kelembapan udara di lingkungan sekitar. Meskipun praktis untuk pengukuran langsung, HTC-2 tidak memiliki kemampuan penyimpanan data historis maupun konektivitas ke sistem lain. Oleh karena itu, hasil pengukuran hanya dapat dibaca secara langsung pada perangkat tanpa dukungan pemantauan jarak jauh (Thoriq et al., 2022).

2.9 Metode Forecasting Moving Average

Metode *Moving Average* merupakan salah satu metode *forecasting* yang menggunakan nilai rata-rata dari sejumlah data historis pada periode waktu sebelumnya untuk memprediksi nilai pada periode berikutnya. Metode ini termasuk ke dalam metode *time series* sederhana dan banyak digunakan ketika pola data relatif stabil dan tidak memiliki fluktuasi ekstrem.

Prinsip dasar *Moving Average* adalah menghitung nilai rata-rata dari n data terakhir, di mana nilai n disebut sebagai ukuran jendela (*window size*). Semakin besar nilai *window*, maka hasil peramalan akan semakin halus namun kurang responsif terhadap perubahan data terbaru. Sebaliknya, nilai *window* yang lebih kecil akan menghasilkan peramalan yang lebih sensitif terhadap perubahan.

Secara matematis, peramalan Moving Average dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$MA_t = \frac{X_{t-1} + X_{t-2} + \dots + X_{t-n}}{n}$$

di mana MA_t merupakan nilai peramalan pada periode ke- t , X adalah data historis, dan n adalah jumlah periode data yang digunakan.

Dalam penelitian ini, metode *Moving Average* digunakan sebagai metode *forecasting* sederhana untuk memprediksi kondisi lingkungan lahan pertanian berdasarkan data historis sensor yang tersimpan pada Firebase.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Prototype menurut Pressman (2012) metode ini dipilih karena sangat cocok untuk pengembangan sistem yang membutuhkan umpan balik langsung dari pengguna serta penyempurnaan secara bertahap. Pada konteks penelitian ini, yaitu implementasi pengembangan sistem pemantauan lahan pertanian berbasis IoT, metode prototype sangat sesuai karena proses pengembangannya membutuhkan interaksi berulang antara alat, pengguna, serta kondisi lingkungan.

Pendekatan ini juga fleksibel untuk sistem IoT yang prosesnya melibatkan banyak elemen, seperti pembacaan sensor, pengiriman data, kestabilan jaringan, dan integrasi dengan aplikasi mobile. Dengan prototype, peneliti dapat memperbaiki alat secara terus-menerus berdasarkan realita kondisi lapangan yang berubah-ubah.

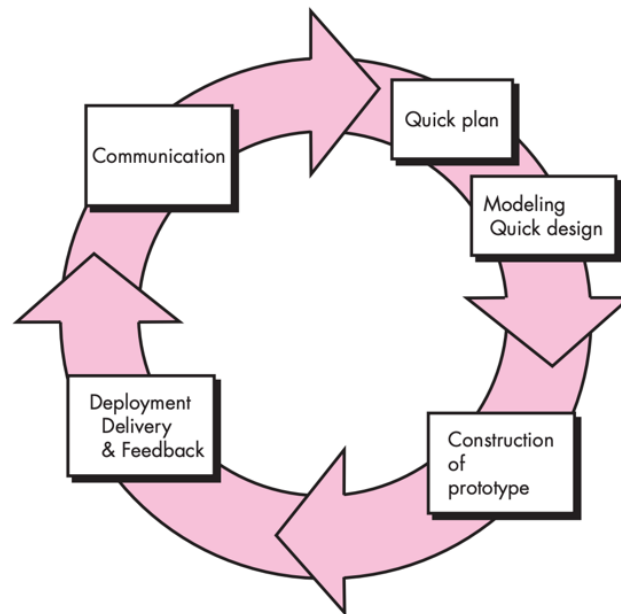
Secara umum, metode prototype Pressman dalam penelitian ini terdiri dari lima tahap utama:

1. *Communication*, yaitu mengumpulkan kebutuhan melalui observasi lapangan dan wawancara dengan petani.
2. *Quick Plan*, yaitu menyusun perencanaan cepat terkait alat, komponen, dan kebutuhan teknis.
3. *Modeling Quick Design*, yaitu membuat desain awal terkait skema rangkaian, alur sistem, dan tampilan monitoring.
4. *Construction of Prototype*, yaitu merakit perangkat, menulis program, dan menghubungkan ke Firebase.
5. *Delivery & Feedback*, yaitu melakukan uji coba lapangan dan mengumpulkan masukan pengguna.

Hasil akhir dari rangkaian tahapan ini adalah produk sistem pemantauan lahan pertanian berbasis IoT yang dapat mengirimkan data kondisi lahan ke Firebase secara *real-time* dan menampilkannya melalui aplikasi mobile yang telah dikembangkan.

3.2 Diagram Penelitian

Diagram penyelesaian berikut menunjukkan alur metodologi dari system yang dikembangkan untuk permasalahan petani dalam memantau lapangan pada lahan pertanian.



Gambar 3.1 Diagram Penelitian Prototype

Sumber: Pressman, 2012

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini dijabarkan berdasarkan model Prototype yang telah disesuaikan dengan konteks penelitian mengenai pengembangan sistem pemantauan kondisi lahan pertanian berbasis IoT menggunakan ESP32, sensor pendukung, serta integrasi Firebase sebagai tempat penyimpanan data dan aplikasi *mobile* sebagai media monitoring. Setiap tahap dijelaskan secara rinci untuk menggambarkan bagaimana proses pengembangan dilakukan dari awal hingga menghasilkan produk akhir.

3.3.1 *Communication*

Tahap *Communication* merupakan langkah awal dalam metode Prototype yang berfungsi untuk memahami permasalahan yang terjadi di lapangan serta mengidentifikasi kebutuhan pengguna terhadap sistem yang akan dikembangkan. Pada penelitian ini, tahap ini dilakukan melalui observasi langsung di area pertanian, wawancara dengan petani, serta studi literatur yang relevan. Seluruh proses ini bertujuan untuk memperoleh gambaran yang jelas mengenai kondisi lapangan dan informasi apa saja yang dibutuhkan petani agar sistem pemantauan lahan berbasis IoT dapat dirancang secara tepat.

Permasalahan utama yang ditemukan di lapangan adalah sulitnya petani memperoleh informasi kondisi lahan secara akurat dan *real-time*. Petani umumnya menentukan waktu

penyiraman, pemupukan, hingga antisipasi terhadap perubahan cuaca berdasarkan pengamatan manual. Metode konvensional tersebut sering kali tidak tepat, terutama pada musim kemarau atau saat petani tidak berada di lokasi. Kondisi seperti kelembapan tanah, suhu udara, tingkat kelembapan udara, dan intensitas cahaya matahari sangat memengaruhi kesehatan tanaman, tetapi tidak selalu dapat dipantau secara terus-menerus oleh petani.

Dalam komunikasi awal dengan petani melalui wawancara ringan, mereka menyampaikan bahwa alat yang paling dibutuhkan adalah alat yang mampu memberikan informasi dasar mengenai kondisi lahan yang benar-benar mereka pakai untuk pengambilan keputusan sehari-hari. Informasi tersebut mencakup kelembapan tanah, suhu udara, kelembapan udara, dan intensitas cahaya dari matahari. Keempat parameter ini dianggap sangat membantu dalam menentukan kebutuhan penyiraman, penempatan tanaman, serta meminimalkan risiko gagal panen akibat kondisi lingkungan yang tidak stabil. Dari hasil komunikasi awal ini, dapat disimpulkan bahwa sistem pemantauan berbasis IoT merupakan solusi yang relevan dan berpotensi besar untuk meningkatkan efektivitas kerja petani.

Untuk memperkuat identifikasi masalah tersebut, dilakukan proses pengumpulan data lanjutan melalui studi literatur, observasi yang lebih mendalam, serta wawancara terstruktur dengan petani. Ketiga metode ini membantu peneliti memahami kebutuhan secara lebih objektif dan menjadi dasar penentuan spesifikasi sistem.

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memahami perangkat dan teknologi apa saja yang tepat digunakan dalam sistem pemantauan ini. Dari berbagai referensi, ESP32 dipilih sebagai mikrokontroler utama karena mendukung komunikasi nirkabel melalui Wi-Fi dan Bluetooth, memiliki konsumsi daya rendah, serta mampu menangani berbagai jenis sensor dengan baik (Nuryadi et al., 2025). Pemilihan sensor kemudian disesuaikan dengan parameter yang dibutuhkan di lapangan.

Selain itu, studi literatur juga berfungsi untuk menentukan indikator, parameter, dan variabel yang akan dipantau. Berdasarkan hasil analisis kebutuhan petani dan referensi penelitian terkait, ditetapkan empat parameter utama sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.1. Parameter ini kemudian diterjemahkan menjadi sensor yang digunakan untuk menangkap data di lapangan.

Tabel 3.1 Penentuan Indikator, Parameter, dan Variabel

Parameter	Sensor	Tujuan Pemantauan
Kelembaban Tanah	Soil Moisture	Mengetahui kebutuhan penyiraman tanaman
Suhu Udara	DHT22	Mengetahui kondisi suhu lingkungan sekitar
Kelembaban Udara	DHT22	Menentukan tingkat kelembaban lingkungan
Intensitas Cahaya	BH1750	Mengetahui kecukupan cahaya matahari

2. Observasi

Observasi dilakukan untuk melihat secara langsung kondisi lingkungan tempat alat IoT akan digunakan. Observasi ini dilaksanakan pada 27 April 2025 di area persawahan yang menjadi lokasi pengujian utama, yaitu wilayah Kabupaten Sragen. Kegiatan observasi dilakukan dengan mengamati kondisi lahan pada beberapa waktu yang berbeda dalam satu hari, sehingga dapat diperoleh gambaran nyata mengenai perubahan kondisi lingkungan yang terjadi secara alami.

Pada tahap ini, pengamatan difokuskan pada perubahan kondisi lahan, seperti kondisi tanah setelah hujan, kondisi tanah yang mengering pada siang hari, perbedaan intensitas cahaya antara pagi, siang, dan sore hari, serta perubahan suhu udara pada kondisi cuaca yang berbeda. Pengamatan ini penting untuk memastikan bahwa parameter yang akan dipantau oleh sistem benar-benar relevan dengan kondisi nyata di lapangan.

Selain kondisi lingkungan, observasi juga mencakup faktor-faktor yang berpotensi mengganggu penggunaan alat, antara lain:

- Potensi alat terkena air irigasi atau genangan air.
- Aktivitas petani yang dapat memindahkan atau secara tidak sengaja menabrak alat.
- Lokasi penempatan sensor agar hasil pembacaan data tetap akurat dan konsisten.

Observasi juga digunakan untuk menilai bagaimana alat dapat ditempatkan di lahan agar tetap aman, tidak mengganggu aktivitas pertanian, namun tetap mudah diakses oleh petani. Hasil observasi ini memberikan gambaran nyata mengenai kondisi lapangan dan menjadi dasar dalam menentukan desain fisik alat, penempatan sensor, serta perlindungan alat dari gangguan lingkungan.

3. Wawancara dengan Petani

Wawancara dilakukan untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai kebutuhan petani terhadap sistem pemantauan lahan berbasis IoT. Wawancara dilaksanakan di wilayah Kabupaten Sragen, dengan melibatkan beberapa petani yang sedang mengelola lahan pertanian di lokasi tersebut.

Kriteria narasumber dalam wawancara ini ditentukan sebagai berikut:

- Petani yang aktif mengelola lahan pertanian secara rutin.
- Memiliki pengalaman bertani minimal 5 tahun.
- Terlibat langsung dalam kegiatan pemantauan kondisi lahan dan tanaman.
- Bersedia memberikan informasi dan pandangan terkait penggunaan teknologi dalam pertanian.

Wawancara dilakukan secara langsung dengan pendekatan informal agar petani dapat menyampaikan pendapat dan pengalaman mereka secara terbuka. Pertanyaan yang diajukan berfokus pada kesulitan yang dihadapi petani dalam memantau kondisi lahan, parameter lingkungan yang dianggap paling penting, serta pandangan petani mengenai pemanfaatan perangkat pemantauan berbasis IoT.

Berdasarkan hasil wawancara, diperoleh beberapa temuan utama, yaitu:

- Kelembapan tanah merupakan parameter yang paling vital, terutama pada musim kemarau, karena sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman.
- Suhu dan kelembapan udara diperlukan untuk memantau kondisi lingkungan yang dapat memengaruhi kesehatan tanaman.
- Intensitas cahaya berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman tertentu, terutama pada tanaman hortikultura.
- Alat pemantauan lahan sangat membantu petani ketika mereka tidak berada langsung di lahan, karena kondisi lahan tetap dapat dipantau tanpa harus melakukan pengecekan manual secara terus-menerus.

Untuk memperoleh gambaran yang lebih terstruktur, hasil wawancara kemudian dirangkum dalam bentuk tabel. Ringkasan ini memuat karakteristik narasumber, permasalahan utama yang dihadapi di lahan, kebutuhan terkait pemantauan, serta keterkaitannya dengan sistem IoT yang dikembangkan. Penyajian dalam bentuk tabel bertujuan untuk memudahkan analisis dan memperjelas hubungan antara kebutuhan petani dan solusi yang ditawarkan oleh sistem.

Tabel 3.2 Ringkasan Wawancara

No	Nama	Umur	Lama Bertani	Profesi	Permasalahan Utama di Lahan	Kebutuhan Terkait Monitoring	Keterkaitan dengan Sistem IoT
1	Ngadimin	54 Tahun	25 Tahun	Petani padi	Tidak mengetahui kondisi tanah secara pasti;	Informasi kelembapan tanah yang bisa dipantau	Sensor soil moisture memberikan data kondisi

					pemantauan masih berdasarkan pengalaman	tanpa selalu ke sawah	tanah secara objektif
2	Supardi	58 th	>20 Tahun	Petani padi	Kekeringan saat kemarau; harus mengecek lahan secara rutin	Alat untuk mengetahui kadar air tanah dan kondisi lingkungan	Sistem IoT membantu pemantauan tanah secara berkala
3	Untung	53 th	5 Tahun	Petani padi	Tanaman sering kering di awal tanam; pemantauan manual	Informasi kelembapan tanah dan suhu udara	Sensor tanah dan DHT22 mendukung pengambilan keputusan penyiraman
4	Supardi	55 th	5 Tahun	Petani padi	Harus ke sawah pagi–sore; kondisi tanah cepat berubah	Pemantauan kondisi tanah otomatis	IoT mengurangi intensitas pengecekan fisik
6	Siswanto	59 th	10 Tahun	Petani padi	Kekeringan dan gulma; masih menggunakan cara tradisional	Alat sederhana untuk mengetahui kondisi tanah	Sistem monitoring berbasis sensor membantu petani tanpa pengalaman teknis
6	Suparjo	±50 th	-	Petani padi	Sulit mengetahui kondisi tanah tanpa datang langsung; ingin menghemat waktu & tenaga	Pemantauan suhu, kelembapan tanah, dan cahaya secara real-time	Sensor suhu, soil moisture, dan cahaya memberikan informasi kondisi lahan terkini
7	Soekardi	70 th	50 Tahun	Petani padi	Pemantauan masih manual; keterbatasan usia dalam mengoperasikan teknologi	Alat pemantauan yang sederhana dan tidak rumit	Sistem IoT tetap relevan sebagai alat bantu, meski perlu pendampingan pengguna lanjut usia

Untuk memperkuat hasil wawancara yang telah dirangkum, berikut disajikan beberapa cuplikan pernyataan petani yang mewakili permasalahan utama di lapangan.

Ngadimin, petani padi di Kabupaten Sragen, menyampaikan bahwa kelembapan tanah merupakan faktor yang paling penting dalam pengelolaan lahan. Ia menyatakan:

“Kalau soal tanah itu yang paling penting. Kadang kelihatannya masih basah, tapi ternyata di dalamnya sudah kering.”

(Ngadimin, Petani Padi, Kabupaten Sragen)

Pernyataan tersebut menunjukkan bahwa penilaian kondisi tanah masih banyak mengandalkan pengamatan visual dan pengalaman, sehingga diperlukan alat bantu yang dapat memberikan informasi kondisi tanah secara lebih objektif.

Supardi, petani padi di wilayah yang sama, menekankan pentingnya pemantauan lahan tanpa harus selalu berada di lokasi. Ia menyampaikan:

“Biasanya saya baru tahu kondisi lahan pas sudah ke sawah. Kalau ada alat yang bisa dicek dari jauh, itu sangat membantu.”

(Supardi, Petani Padi, Kabupaten Sragen)

Pernyataan ini menunjukkan bahwa keterbatasan waktu dan jarak menjadi kendala utama dalam pemantauan lahan, sehingga sistem pemantauan jarak jauh menjadi kebutuhan penting bagi petani.

Berdasarkan hasil observasi, wawancara, dan studi literatur, dapat disimpulkan bahwa petani membutuhkan sistem pemantauan lahan berbasis IoT yang mampu memberikan data kondisi lahan secara *real-time* melalui perangkat *mobile*. Parameter yang dianggap paling penting adalah kelembapan tanah. Selain itu, suhu dan kelembapan udara serta intensitas cahaya juga diperlukan untuk memantau kondisi lingkungan yang dapat memengaruhi pertumbuhan dan kesehatan. Seluruh temuan ini menjadi dasar untuk menyusun perencanaan awal pada tahap *Quick Plan*.

3.3.2 *Quick Plan*

Tahap *Quick Plan* merupakan proses penyusunan perencanaan awal berdasarkan hasil identifikasi kebutuhan pada tahap *Communication*. Setelah diketahui bahwa petani membutuhkan sistem pemantauan kondisi lahan yang mampu menampilkan kelembapan tanah, suhu, kelembapan udara, dan intensitas cahaya secara *real-time*, maka pada tahap ini peneliti mulai menyusun kerangka solusi yang akan dikembangkan. Perencanaan ini masih bersifat konseptual dan berfungsi sebagai pedoman sebelum masuk ke tahap perancangan teknis yang lebih detail.

Tujuan dari tahap ini adalah menentukan komponen inti yang digunakan, platform penyimpanan data, alur kerja dasar sistem IoT, serta strategi pengembangan yang akan diterapkan. Berdasarkan kebutuhan tersebut, dapat disusun rencana awal mengenai sistem yang akan dibuat.

3.3.2.1 Pemilihan Komponen Utama Sistem

Berdasarkan parameter yang telah ditetapkan pada tahap sebelumnya, peneliti menentukan komponen utama yang diperlukan untuk membangun prototype. Komponen dipilih karena kompatibilitasnya dengan sistem IoT, ketersediaan di pasaran, serta kestabilan data yang dihasilkan. Komponen yang direncanakan meliputi:

1. ESP32 sebagai mikrokontroler utama yang mendukung komunikasi Wi-Fi secara langsung sehingga memudahkan pengiriman data ke server.
2. Sensor *Soil Moisture* untuk mengukur kelembapan tanah sebagai parameter utama bagi petani.
3. Sensor DHT22 untuk mendapatkan data suhu dan kelembapan udara dengan akurasi yang baik.
4. Sensor BH1750 sebagai sensor intensitas cahaya berbasis I2C yang stabil dan mudah diintegrasikan.

Pemilihan komponen ini dilakukan dengan mempertimbangkan kebutuhan lapangan, kemudahan integrasi, serta efisiensi penggunaan daya.

3.3.2.2 Penentuan Platform Penyimpanan Data

Pada tahap perencanaan awal, diputuskan bahwa Firebase yang akan menjadi platform utama untuk penyimpanan data sensor. Keputusan ini didasarkan pada beberapa pertimbangan:

1. Firebase mampu memperbarui data secara *real-time*, sehingga sangat sesuai dengan kebutuhan monitoring kondisi lahan.
2. Integrasinya dengan ESP32 relatif sederhana dan stabil.
3. Struktur data Firebase berbasis JSON *tree*, sehingga mudah diakses oleh aplikasi *mobile*.
4. Firebase mendukung *synchronous update*, yang memungkinkan data langsung tampil pada aplikasi tanpa perlu refresh.

Pada tahap ini ditetapkan struktur dasar penyimpanan data, seperti berikut:

```

/SmartFarm/
  /Data_Terbaru/
    intensitas_cahaya:
    intensitas_cahaya_status:
    kelembapan_tanah:
    kelembapan_tanah_status:
    kelembapan_udara:
    kelembapan_udara_status:
    persentase_kelembapan_tanah:
    suhu:
    suhu_status:
    waktu:

```

3.3.2.3 Penyusunan Alur Kerja Dasar Sistem IoT

Setelah platform ditentukan, peneliti menyusun alur kerja sistem secara umum. Alur kerja ini menjadi landasan dalam merancang sistem pada tahap berikutnya. Rencana alur kerja sistem meliputi:

1. ESP32 dinyalakan dan menjalankan proses inialisasi awal, termasuk inialisasi sensor serta konfigurasi *library* Firebase yang akan digunakan.
2. ESP32 berusaha terhubung ke jaringan Wi-Fi menggunakan SSID dan *password* yang telah ditentukan. Koneksi internet ini menjadi dasar bagi pengiriman data ke Firebase.
3. Setelah koneksi Wi-Fi berhasil, perangkat melakukan inialisasi Firebase. Pada tahap ini, *database_url* dan *legacy_token* dimasukkan ke dalam konfigurasi *library* melalui fungsi `Firestore.begin()`, dan fitur pemulihan koneksi (`Firestore.reconnectWiFi(true)`) diaktifkan untuk menjaga stabilitas komunikasi.
4. Sensor membaca kondisi lingkungan pada interval waktu tertentu sesuai program (misalnya setiap beberapa detik). Parameter yang dibaca meliputi kelembapan tanah, suhu, kelembapan udara, dan intensitas cahaya.
5. Data hasil pembacaan sensor kemudian diolah oleh ESP32 dan dikirimkan ke Firebase menggunakan fungsi penulisan data yang disediakan oleh *library* `FirestoreESP32`. Pada tahap ini, data dikemas dalam format JSON sebelum dikirim ke *node* yang telah ditentukan.
6. Firebase memperbarui data secara otomatis pada *node* tersebut sehingga setiap perubahan nilai sensor secara langsung tersimpan di server dan siap diakses oleh aplikasi.
7. Aplikasi *mobile* membaca data terbaru dari Firebase dan menampilkannya kepada pengguna secara *real-time*. Dengan demikian, petani dapat memantau kondisi lahan kapan saja melalui perangkat mereka.

Dengan alur kerja ini, sistem diharapkan dapat memberikan data kondisi lahan secara cepat dan akurat kepada petani.

3.3.3 Modeling Quick Design

Tahap ini adalah proses merancang bentuk sistem secara sederhana. Walaupun belum masuk perakitan dan pemrograman, desain ini digunakan sebagai dasar atau *blueprint* untuk langkah selanjutnya. Beberapa kegiatan di tahapan ini meliputi:

3.3.3.1 Desain Arsitektur Sistem

Desain arsitektur sistem pada penelitian ini menggambarkan hubungan antar komponen utama dalam sistem pemantauan lahan pertanian berbasis IoT. Arsitektur sistem dirancang untuk memastikan alur data dari lingkungan fisik hingga ke pengguna dapat berjalan secara terintegrasi, baik untuk pemantauan kondisi lahan secara *real-time* maupun untuk penyediaan informasi *forecasting*.

Penelitian ini dilaksanakan sebagai penelitian kolaboratif, di mana pembagian fokus pengembangan dilakukan untuk memastikan setiap komponen sistem dapat dikembangkan secara optimal. Penulis berfokus pada perancangan dan implementasi perangkat Internet of Things, yang meliputi pemilihan sensor, perakitan perangkat keras, pengolahan data, serta pengiriman dan penyimpanan data pada platform Firebase. Sementara itu, rekan peneliti berfokus pada pengembangan aplikasi *mobile* yang berfungsi sebagai antarmuka pengguna untuk menampilkan data pemantauan dan hasil *forecasting*. Pembagian peran ini tercermin dalam desain arsitektur sistem, di mana perangkat IoT bertugas sebagai penghasil data, sedangkan aplikasi berperan dalam visualisasi dan penyajian informasi kepada pengguna.

Penentuan parameter yang dipantau dalam sistem dilakukan melalui proses seleksi berdasarkan beberapa faktor utama. Faktor pertama adalah relevansi parameter terhadap tujuan penelitian, yaitu menyediakan informasi kondisi lahan yang berpengaruh langsung terhadap kebutuhan tanaman dan pengelolaan pertanian. Faktor kedua adalah kemudahan pengukuran parameter menggunakan sensor yang tersedia dan umum digunakan dalam sistem IoT, sehingga data dapat diperoleh secara akurat dan berkelanjutan. Faktor ketiga adalah keterbatasan sistem, baik dari sisi kompleksitas perangkat, konsumsi daya, maupun kestabilan pengiriman data. Berdasarkan pertimbangan tersebut, parameter yang dipilih merupakan parameter lingkungan utama yang dinilai paling representatif untuk sistem pemantauan lahan pertanian yang dikembangkan.

Secara umum, sistem terdiri dari tiga bagian utama, yaitu perangkat IoT di lapangan, platform penyimpanan data berbasis *cloud*, serta aplikasi monitoring yang digunakan oleh pengguna.

1. Pembacaan Data dengan IoT

Bagian pertama merupakan bagian pembacaan data yang berada langsung di lingkungan lahan pertanian. Pada bagian ini, beberapa sensor digunakan untuk membaca kondisi lingkungan, yaitu sensor *soil moisture* untuk mengukur kelembapan tanah, sensor DHT22

untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, serta sensor BH1750 untuk mengukur intensitas cahaya.

Seluruh sensor terhubung ke mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai pusat pengolahan data. ESP32 menerima data dari sensor, kemudian mengolahnya menjadi data digital yang siap dikirimkan. Data yang dihasilkan merepresentasikan kondisi aktual lahan pertanian pada waktu tertentu.

2. Komunikasi dan Penyimpanan Data dengan Firebase

Setelah data sensor diproses oleh ESP32, data tersebut dikirimkan ke Firebase melalui koneksi internet. Firebase digunakan sebagai media penyimpanan data berbasis *cloud* yang memungkinkan penyimpanan data secara *real-time* serta pencatatan data historis.

Data yang dikirim ke Firebase terdiri dari data pembacaan sensor terkini dan data historis yang tersimpan secara berkelanjutan. Firebase berperan sebagai penghubung utama antara perangkat IoT, sistem *forecasting*, dan aplikasi monitoring, sehingga seluruh komponen sistem dapat saling terintegrasi dengan baik.

3. *Forecasting*

Selain berfungsi sebagai media penyimpanan data, Firebase juga digunakan sebagai sumber data untuk proses *forecasting*. Data historis yang tersimpan di Firebase diambil oleh sistem *forecasting* berbasis *Python* untuk dilakukan pengolahan lebih lanjut.

Proses *forecasting* dilakukan dengan memanfaatkan data historis sensor untuk menghasilkan nilai prediksi kondisi lahan pada periode berikutnya. Hasil prediksi ini kemudian dikirim kembali dan disimpan ke Firebase sebagai data *forecasting*. Dengan alur ini, data prediksi dapat diakses dengan cara yang sama seperti data aktual.

4. Aplikasi Monitoring untuk Pengguna

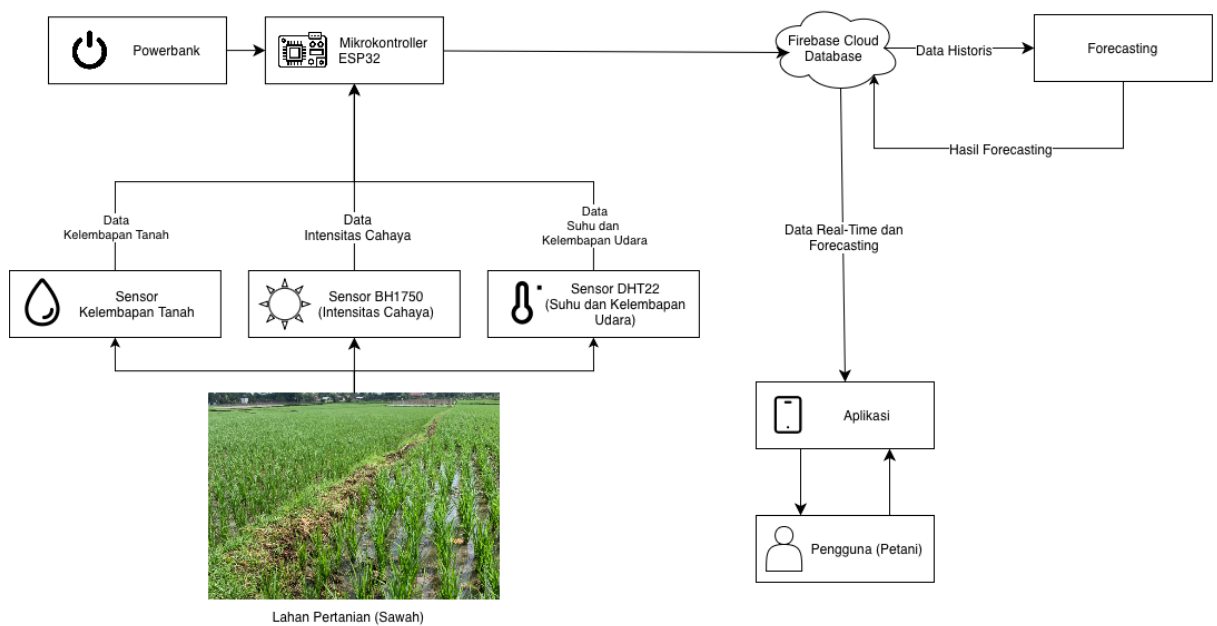
Bagian terakhir merupakan aplikasi monitoring yang digunakan oleh pengguna, yaitu petani. Aplikasi ini mengambil data secara langsung dari Firebase untuk menampilkan hasil pemantauan kondisi lahan secara *real-time*, data historis, serta hasil *forecasting*.

Melalui aplikasi monitoring, pengguna dapat melihat kondisi lahan tanpa harus berada langsung di lokasi. Informasi yang ditampilkan membantu pengguna dalam memantau kondisi lingkungan lahan dan mengambil keputusan yang berkaitan dengan kegiatan pertanian.

5. Alur Kerja Sistem Secara Keseluruhan

Berdasarkan desain arsitektur yang dirancang, alur kerja sistem dimulai dari pembacaan kondisi lingkungan oleh sensor di lahan pertanian. Data sensor kemudian diproses oleh ESP32 dan dikirimkan ke Firebase melalui jaringan internet. Firebase menyimpan data secara real-time dan historis, yang selanjutnya dapat diakses oleh aplikasi monitoring maupun sistem forecasting. Hasil *forecasting* yang dihasilkan juga disimpan kembali ke Firebase dan ditampilkan pada aplikasi sebagai informasi tambahan bagi pengguna.

Desain arsitektur sistem ini dirancang agar sederhana, mudah dikembangkan, serta mampu mendukung kebutuhan pemantauan kondisi lahan pertanian secara *real-time* dan prediktif.



Gambar 3.2 Desain Arsitektur Sistem

Alur pada desain arsitektur sistem dimulai dari sumber daya listrik berupa powerbank yang menyalakan perangkat ESP32. Setelah aktif, ESP32 melakukan inisialisasi sensor dan koneksi jaringan, kemudian membaca data kondisi lingkungan dari sensor yang terpasang di lahan pertanian. Data hasil pembacaan sensor selanjutnya dikirimkan ke Firebase sebagai media penyimpanan data real-time dan historis. Data historis yang tersimpan di Firebase dimanfaatkan oleh sistem *forecasting* untuk menghasilkan nilai prediksi kondisi lahan, yang kemudian disimpan kembali ke Firebase. Aplikasi *monitoring* tidak berkomunikasi langsung

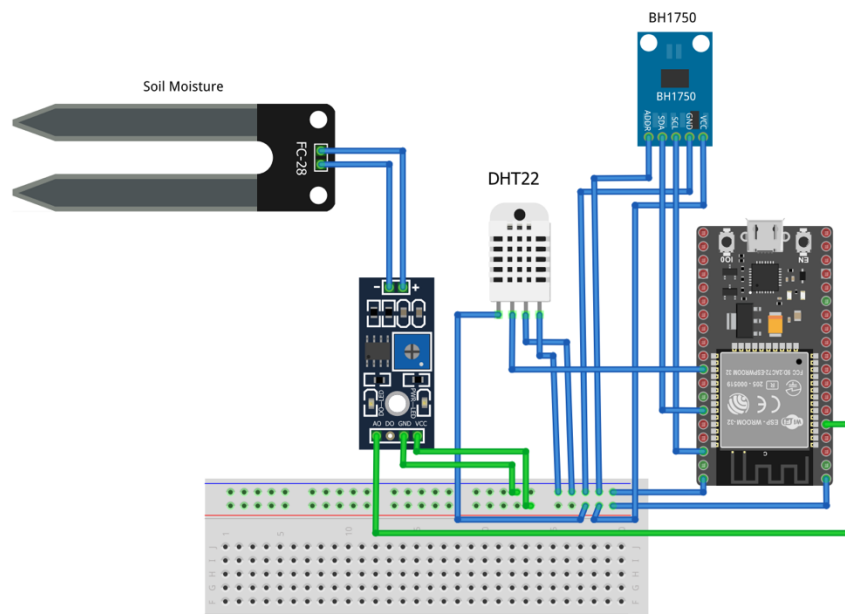
dengan sistem forecasting, melainkan hanya mengambil data dari Firebase untuk ditampilkan kepada pengguna. Dengan alur ini, Firebase berperan sebagai pusat integrasi seluruh komponen sistem.

3.3.3.2 Desain *Hardware*

Pada tahap ini dibuat skema awal rangkaian ESP32 dengan sensor-sensor pendukung. Skema dibuat menggunakan Fritzing agar dapat menggambarkan hubungan setiap komponen seperti:

1. Pin D34 ESP32 ke A0 *Soil Moisture*
2. Pin D4 ESP32 ke DHT22,
3. Pin D21 ESP32 ke pin SDA BH1750,
4. Pin D22 ke pin SCL BH1750
5. Jalur *power* 3.3V dan GND.

Desain ini memastikan semua sensor terhubung dengan benar tanpa risiko konflik pin.



Gambar 3.3 Desain *hardware*

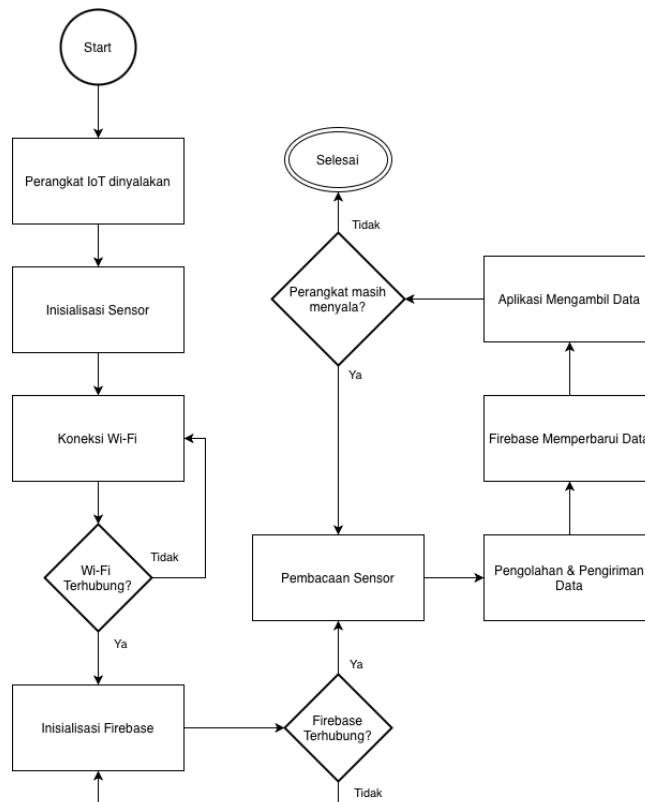
3.3.3.3 Desain Alur Kerja Sistem IoT

Flowchart digunakan untuk menggambarkan alur logika program dari awal hingga akhir. *Flowchart* pada tahap ini tidak menunjukkan detail pemrograman, namun sudah menggambarkan urutan proses utama yang terjadi pada sistem.

Alur kerja sistem secara umum dirancang sebagai berikut:

1. Perangkat dinyalakan dan melakukan inisialisasi sensor.
2. ESP32 terhubung ke jaringan Wi-Fi.
3. Inisialisasi Firebase dilakukan setelah koneksi internet stabil.
4. Sensor membaca kondisi lingkungan sesuai interval waktu.
5. Data diolah dan dikirimkan ke Firebase.
6. Firebase memperbarui data secara otomatis.
7. Aplikasi *mobile* mengambil data terbaru dari Firebase.
8. Proses kembali ke pembacaan sensor secara berulang.

Flowchart tersebut akan disisipkan dalam bentuk gambar pada laporan akhir dan menjadi acuan untuk penulisan kode program pada tahap berikutnya.



Gambar 3.4 *Flowchart* Sistem IoT

3.3.3.4 Desain Alur Kerja Sistem Forecasting untuk Pemantauan Lahan

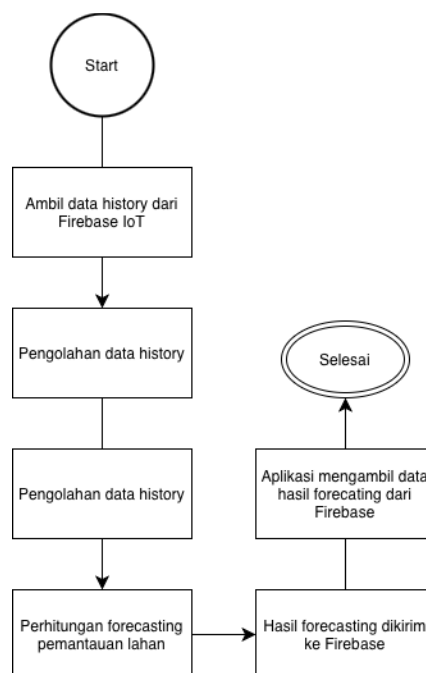
Flowchart digunakan untuk menggambarkan alur kerja sistem *forecasting* kondisi lahan yang dikembangkan pada penelitian ini. *Flowchart* pada tahap ini tidak menjelaskan detail pemrograman *Python* secara teknis, namun menggambarkan urutan proses utama dalam melakukan prediksi kondisi lahan berdasarkan data historis yang tersimpan pada Firebase.

Sistem *forecasting* ini berjalan terpisah dari sistem IoT utama dan berfungsi sebagai pendukung dalam memberikan informasi prediksi kepada pengguna.

Alur kerja sistem *forecasting* secara umum dirancang sebagai berikut:

1. Proses *forecasting* dimulai.
2. Pengambilan data historis dari Firebase.
3. Pengolahan data historis.
4. Perhitungan *forecasting* kondisi lahan.
5. Pengiriman hasil *forecasting* ke Firebase.
6. Aplikasi mobile mengambil data hasil *forecasting*.
7. Proses *forecasting* selesai.

Flowchart sistem *forecasting* ini akan disajikan dalam bentuk gambar pada laporan akhir dan menjadi acuan dalam implementasi serta pengujian proses prediksi kondisi lahan pada tahap selanjutnya.



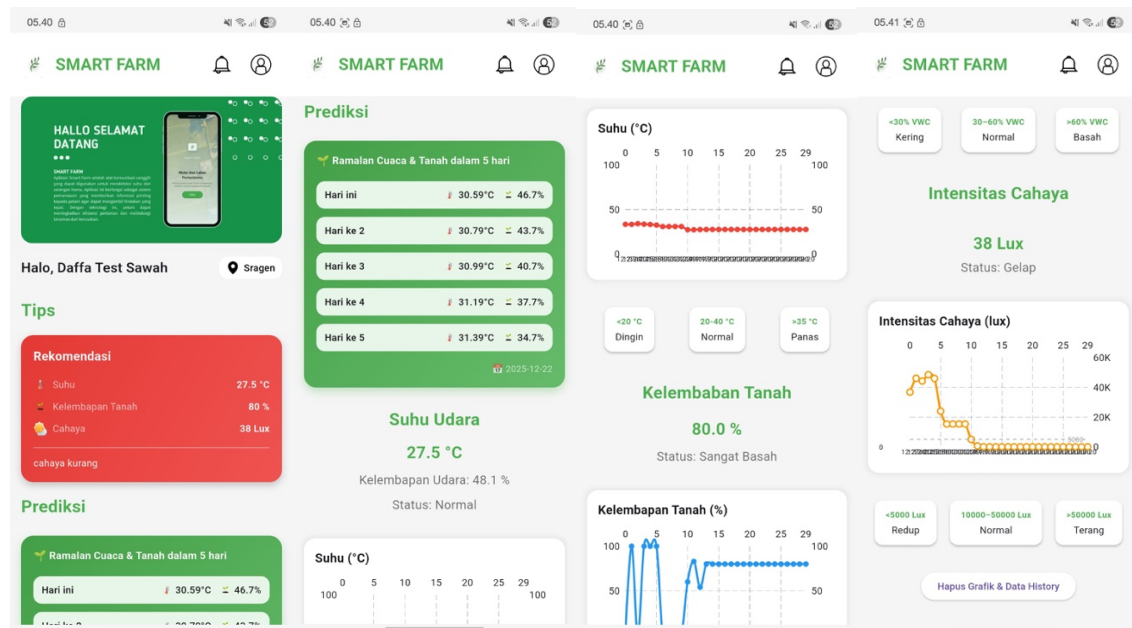
Gambar 3.5 *Flowchart Forecasting*

3.3.3.5 Desain *Interface* Aplikasi untuk Pemantauan Lahan

Pada bagian ini, peneliti berkoordinasi dengan *developer* aplikasi untuk menentukan tampilan *dashboard* monitoring. Data yang ditampilkan di aplikasi bersumber dari Firebase dan diperbarui secara *real-time*. Tampilan yang dirancang meliputi:

1. Nilai suhu dan status
2. Nilai kelembapan tanah dan status
3. Nilai kelembapan udara dan status
4. Nilai intensitas cahaya
5. Grafik

Desain ini dibuat agar pengguna dapat melihat kondisi lahan secara cepat dan informatif.



Gambar 3.6 Desain *Interface* Aplikasi

3.3.4 Construction of Prototype

Tahap *Construction of Prototype* merupakan tahap di mana seluruh rancangan yang telah disusun sebelumnya mulai diwujudkan dalam bentuk perangkat nyata. Pada tahap ini, peneliti merakit seluruh komponen *hardware*, menuliskan program untuk ESP32, serta menghubungkan perangkat dengan Firebase. Tahap ini penting untuk menghasilkan prototype awal yang dapat diuji dan dievaluasi sebelum dipasang di lapangan.

3.3.4.1 Perakitan *Hardware*

Proses pertama yang dilakukan adalah merakit seluruh komponen *hardware* sesuai dengan desain rangkaian pada tahap *Modeling Quick Design*. Perakitan dilakukan dengan memastikan bahwa setiap sensor terhubung pada pin yang tepat dan mendapatkan suplai daya yang stabil.

Selama proses perakitan, dilakukan beberapa pengujian sederhana untuk memastikan kabel atau koneksi sensor tidak mengalami gangguan. Setelah semua komponen terpasang, *prototype*

diuji secara lokal untuk memastikan rangkaian berfungsi sebelum masuk ke proses pemrograman.

3.3.4.2 Penulisan Program Pada ESP32

Setelah rangkaian *hardware* selesai dirakit, tahap berikutnya adalah menuliskan program untuk ESP32 menggunakan Arduino IDE. Program ini mencakup beberapa bagian utama, yaitu:

1. Inisialisasi sensor *Soil Moisture*, DHT22, dan BH1750.
2. Inisialisasi Wi-Fi dengan memasukkan SSID dan *password* jaringan.
3. Konfigurasi Firebase dengan memasukkan *database_url* dan *legacy_token*.
4. Pengaturan interval pembacaan sensor agar data dikirim secara berkala.
5. Pembuatan struktur data JSON yang memuat hasil pembacaan sensor.
6. Pengiriman data ke Firebase menggunakan fungsi pada *library* FirebaseESP32.

Setelah program selesai ditulis dan diunggah ke ESP32, dilakukan pengujian awal melalui *Serial Monitor* untuk memastikan seluruh sensor dapat terbaca dengan baik dan tidak ada error pada proses koneksi Wi-Fi maupun Firebase.

3.3.4.3 Integrasi ESP32 dengan Firebase *Realtime Database*

Integrasi dengan Firebase dilakukan setelah ESP32 berhasil terhubung ke jaringan Wi-Fi. Pada tahap ini, konfigurasi Firebase dijalankan melalui:

1. Pengaturan *config.database_url*
2. Pengaturan token autentikasi melalui *auth.token*
3. Pemanggilan fungsi `Firebase.begin(&config, &auth)`
4. Aktivasi fitur reconnect dengan `Firebase.reconnectWiFi(true)`

Setelah Firebase berhasil diinisialisasi, setiap pembacaan sensor dikirimkan ke node tertentu pada Firebase. Pengiriman dilakukan dengan fungsi penulisan data yang disediakan *library*, seperti `Firebase.setFloat()`, `Firebase.setString()`, atau `Firebase.setJSON()` tergantung format data yang dikirim.

Firestore akan memperbarui data secara otomatis dan menyimpannya dalam struktur JSON yang nantinya dapat diakses oleh aplikasi mobile.

3.3.4.4 Pengujian Internal Prototype

Sebelum perangkat dibawa ke lapangan, dilakukan pengujian internal untuk memastikan semua proses berjalan dengan lancar. Pengujian ini mencakup:

1. pembacaan sensor di kondisi normal
2. Verifikasi bahwa data dapat dikirim ke Firebase tanpa *delay*
3. Pengecekan apakah Firebase menolak *request* akibat kesalahan token atau *path*
4. Memastikan ESP32 dapat *reconnect* otomatis saat kehilangan Wi-Fi
5. Memastikan tidak ada error yang muncul pada *Serial Monitor*

Pengujian internal ini penting karena memungkinkan peneliti menemukan dan memperbaiki kesalahan teknis sejak awal sebelum perangkat diuji dalam kondisi lingkungan yang sebenarnya.

3.3.5 Delivery & Feedback

Tahap *Delivery & Feedback* merupakan tahap pengujian lapangan pertama dari *prototype* yang telah selesai dirakit dan diprogram. Pada tahap ini, perangkat dibawa langsung ke area pertanian untuk melihat bagaimana sistem bekerja dalam kondisi lingkungan yang sebenarnya. Tujuan utama tahap ini adalah untuk mengetahui apakah *prototype* dapat berfungsi secara konsisten di lapangan serta mendapatkan umpan balik dari pengguna utama, yaitu petani, untuk menentukan perbaikan yang diperlukan.

3.3.5.1 Uji Coba Lapangan

Uji coba lapangan dilakukan dengan membawa perangkat ke lokasi sawah dan mengoperasikannya dalam kondisi nyata. Proses ini dilakukan pada waktu yang berbeda-beda untuk melihat bagaimana sistem merespons variasi lingkungan, seperti perubahan suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya. Pada tahap ini, beberapa hal diamati, di antaranya:

1. Kemampuan sensor dalam membaca kondisi lingkungan yang berubah-ubah.
2. Kecepatan pembaruan data yang dikirim ke Firebase.
3. Akurasi tampilan data pada aplikasi *mobile*.
4. Daya tahan perangkat ketika digunakan selama beberapa jam di lapangan.

Selama uji coba, data dicatat melalui Firebase *dashboard* dan *Serial Monitor* untuk mengetahui apakah terdapat *delay*, error, atau pembacaan yang tidak normal

3.3.5.2 Pengumpulan Umpan Balik dari Pengguna

Selain observasi teknis, tahap ini juga melibatkan pengumpulan umpan balik dari petani yang melihat atau mencoba menggunakan *prototype*. Umpan balik diperoleh melalui percakapan langsung seperti:

1. Apakah nilai yang ditampilkan sesuai dengan kondisi nyata menurut pengamatan petani,
2. Apakah interval pembaruan data sudah cocok untuk kebutuhan mereka,
3. Apakah posisi alat di lapangan mudah dijangkau atau justru mengganggu aktivitas mereka,
4. Serta masukan lain terkait kenyamanan penggunaan perangkat.

Secara umum, petani menyatakan bahwa alat pemantauan seperti ini sangat membantu khususnya dalam memantau kelembapan tanah tanpa harus sering turun ke lahan, terutama pada musim kemarau atau saat sedang tidak berada di desa.

3.4 Metode Pengujian Sistem menggunakan Black Box

Pengujian sistem dalam penelitian ini menggunakan metode Black Box, yaitu metode yang memverifikasi fungsi perangkat berdasarkan *input* dan *output* tanpa memeriksa proses *internal* dari program atau perangkat keras. Pengujian ini bertujuan memastikan bahwa alat *Smart Farming* yang dikembangkan dapat menjalankan fungsinya dengan baik, terutama dalam pembacaan sensor, pengiriman data, serta penyajian data secara *real-time* ke aplikasi.

Metode ini dipilih karena sesuai dengan karakteristik perangkat IoT yang membutuhkan validasi fungsi secara menyeluruh ketika berhubungan dengan sensor dan lingkungan.

3.4.1 Rancangan Pengujian

Rancangan pengujian dilakukan dengan menyusun skenario uji yang merepresentasikan kondisi penggunaan alat yang sesungguhnya. Setiap skenario mencakup kondisi uji, *input*, dan *output* yang diharapkan. Pengujian dilakukan pada sistem secara *end-to-end* dari pembacaan sensor hingga data tampil pada aplikasi.

Tabel 3.3 Rancangan Black Box

No	Fungsi yang Diuji	Kondisi Uji	Input/Skenario	Output yang Diharapkan
1	Pembacaan Sensor <i>Soil Moisture</i>	Normal	Kondisi tanah dibuat basah dan kering	Nilai sensor berubah sesuai kondisi tanah
2	Pembacaan Sensor Suhu & Kelembapan Udara (DHT22)	Normal	Suhu atau Kelembapan diberi perubahan	Nilai berubah sesuai pembacaan actual

3	Pembacaan Sensor Intensitas Cahaya (BH1750)	Normal	Sumber cahaya akan dibuat terang dan gelap	Nilai lux meningkat dan menurun sesuai kondisi
4	Pengiriman Data ke Firebase	Wi-Fi stabil	Sistem mengirimkan data pada interval tertentu	Data muncul pada Firebase
5	Konsistensi Update Data	Variasi kondisi sensor	Nilai sensor berubah	Firestore menampilkan nilai terbaru
6	Sinkronisasi Aplikasi	Realtime	Data pada Firestore diperbarui	Aplikasi menampilkan data terbaru secara realtime
7	Respons Sistem Terhadap Lingkungan	Perubahan cepat	Perubahan drastic pada cahaya atau kelembapan	Data sensor berubah dan terkirim sesuai kondisi
8	Proses Forecasting Data	Data historis tersedia	Sistem mengambil data historis dari Firestore	Nilai <i>forecast</i> berhasil dihasilkan
9	Pengiriman Hasil <i>Forecast</i> ke Firestore	<i>Forecast</i> selesai	Sistem mengirim data prediksi ke Firestore	Data <i>forecast</i> tersimpan dan dapat dibaca aplikasi

3.4.2 Kriteria Keberhasilan

Pengujian dianggap berhasil apabila seluruh fungsi menghasilkan output sesuai dengan ekspektasi pada setiap skenario uji, yaitu:

1. Sensor merespons perubahan kondisi lingkungan dengan benar.
2. Data dapat terkirim ke Firestore tanpa error.
3. Data yang tampil pada aplikasi sesuai dengan data pada Firestore.
4. Seluruh proses berlangsung secara *real-time* atau sesuai interval.

Kriteria ini digunakan sebagai dasar penilaian pada BAB 4 ketika hasil pengujian dipaparkan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Sistem Pemantauan

Pada tahap ini, sistem pemantauan lapangan pada lahan pertanian berbasis IoT yang telah dirancang dan dikembangkan pada BAB III mulai diimplementasikan dalam bentuk perangkat nyata. Sistem ini terdiri dari mikrokontroler ESP32, sensor *Soil Moisture*, sensor DHT22, sensor BH1750, serta Firebase sebagai media penyimpanan data. Seluruh komponen dirakit menjadi sebuah *prototype* yang mampu membaca kondisi lingkungan secara berkala dan mengirimkan data tersebut secara *real-time* ke Firebase.

Implementasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap fungsi utama, seperti pembacaan sensor, pemrosesan data, koneksi Wi-Fi, dan pengiriman data ke Firebase, dapat berjalan sesuai dengan rancangan. Selain itu, implementasi diperlukan untuk melihat bagaimana perangkat bekerja saat diuji pada kondisi lapangan.

4.1.1 Implementasi Pembacaan Sensor

Tahap pertama dalam implementasi adalah memastikan seluruh sensor dapat membaca kondisi lingkungan dengan benar. Pembacaan sensor dilakukan menggunakan ESP32, dan hasilnya ditampilkan terlebih dahulu melalui *Serial Monitor* untuk memverifikasi apakah nilai yang diterima masuk akal dan stabil.

Sensor yang digunakan terdiri dari:

- Sensor *Soil Moisture* untuk mendeteksi kelembapan tanah. Sensor ini mengukur konduktivitas tanah. Semakin basah tanah, semakin kecil nilai resistansinya sehingga nilai sensor turun. Hal ini sangat penting karena kelembapan tanah adalah parameter utama kebutuhan petani.
- Sensor DHT22 untuk membaca suhu udara dan kelembapan udara. Sensor ini memberi data digital sehingga hasilnya stabil untuk jangka panjang dan cocok untuk memantau kondisi udara di lahan.
- Sensor BH1750 untuk membaca intensitas cahaya. Sensor ini menerima cahaya yang masuk ke modul dan menghasilkan nilai lux yang merepresentasikan tingkat pencahayaan sekitar.

Pada tahap implementasi, semua sensor diuji pada beberapa kondisi:

1. Kelembapan tanah

Nilai kelembapan tanah yang dibaca oleh sensor soil moisture dikonversi ke dalam bentuk persentase, kemudian diklasifikasikan ke dalam lima kondisi, yaitu sangat kering, kering, normal, basah, dan sangat basah. Klasifikasi ini ditentukan berdasarkan ambang batas persentase kelembapan tanah yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Klasifikasi Kelembapan Tanah

Persentase (%)	Kategori
≤ 10	Sangat Kering
11 - 30	Kering
31 - 50	Normal
51 - 75	Basah
> 75	Sangat Basah

2. Intensitas cahaya

Intensitas cahaya yang dibaca oleh sensor BH1750 diklasifikasikan menjadi empat kondisi, yaitu gelap, redup, terang, dan sangat terang. Penentuan kategori dilakukan berdasarkan nilai intensitas cahaya dalam satuan lux, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Klasifikasi Intensitas Cahaya

Intensitas Cahaya	Kategori
< 500	Gelap
$500 - < 5.000$	Redup
$5.000 - < 50.000$	Terang
≥ 50.000	Sangat Terang

3. Kelembapan udara

Kelembapan udara yang dibaca oleh sensor DHT22 diklasifikasikan menjadi tiga kondisi, yaitu kering, normal, dan lembap tinggi, berdasarkan nilai persentase kelembapan udara.

Tabel 4.3 Klasifikasi Kelembapan Udara

Kelembapan Udara	Kategori
< 40	Kering
$40 - < 60$	Normal
≥ 60	Lembap Tinggi

4. Suhu udara

Kelembapan udara yang dibaca oleh sensor DHT22 diklasifikasikan menjadi tiga kondisi, yaitu kering, normal, dan lembap tinggi, berdasarkan nilai persentase kelembapan udara.

Tabel 4.4 Klasifikasi Suhu Udara

Suhu (°C)	Kategori
< 18	Dingin
18 – < 28	Normal
28 – < 34	Panas
≥ 34	Sangat Panas

4.1.2 Implementasi Pengiriman Data ke Firebase

Setelah sensor dapat membaca nilai dengan benar, implementasi dilanjutkan ke tahap pengiriman data ke Firebase. Firebase dipilih karena mampu memperbarui data secara real-time dan langsung dapat diakses oleh aplikasi mobile tanpa perlu server tambahan.

Proses pengiriman data berjalan melalui beberapa langkah teknis:

1. ESP32 terhubung ke Wi-Fi menggunakan SSID dan *password* yang telah ditentukan.
2. Firebase diinisialisasi, termasuk konfigurasi *database_url* dan *legacy token* untuk otentikasi.
3. Sensor membaca data, lalu ESP32 mengemas nilai tersebut ke dalam bentuk JSON.
4. Data dikirim menggunakan *fungsi* library Firebase.
5. Firebase memperbarui node data secara otomatis.
6. Aplikasi *mobile* membaca node yang sama dan menampilkan nilai terbaru.

4.1.3 Implementasi Alur Sistem Secara Keseluruhan

Pada tahap ini, seluruh komponen-komponen sensor, ESP32, Wi-Fi, Firebase, dan aplikasi telah bekerja secara terintegrasi. Seluruh alur kerja sistem berjalan otomatis tanpa perintah manual setelah perangkat dinyalakan.

Berikut adalah alur implementasi sistem secara menyeluruh:

1. ESP32 menyala dan melakukan inisialisasi *library* serta sensor.
2. ESP32 terhubung ke jaringan Wi-Fi yang tersedia.
3. Firebase diinisialisasi, memastikan perangkat dapat mengirim data.
4. Sensor membaca kondisi lingkungan sesuai interval program.
5. ESP32 mengolah data dan menyiapkan format JSON.

6. Data dikirim ke Firebase menggunakan fungsi *library*.
7. Firebase memperbarui *node* data secara *real-time*.
8. Aplikasi membaca data terbaru dan menampilkannya kepada pengguna.

Implementasi alur ini membuktikan bahwa sistem tidak hanya dapat berfungsi di pengujian awal, tetapi juga siap diuji dalam kondisi lapangan yang sebenarnya.

4.2 Implementasi Lingkungan dan Konfigurasi Pengujian Sistem

Setelah sistem pemantauan lahan berbasis IoT berhasil diimplementasikan, tahap selanjutnya adalah menentukan lingkungan dan konfigurasi pengujian yang digunakan untuk memastikan perangkat berfungsi sesuai tujuan penelitian. Pengujian tidak dapat dilakukan secara sembarangan karena setiap parameter mulai dari kondisi tanah, intensitas cahaya, hingga kualitas jaringan Wi-Fi sangat mempengaruhi cara kerja sistem. Oleh karena itu, konfigurasi pengujian disusun secara terstruktur agar hasil yang diperoleh dapat mencerminkan performa nyata dari perangkat ketika digunakan oleh petani di lapangan.

Pada tahap ini, pengujian dilakukan dalam dua kondisi lingkungan, yaitu pengujian awal pada lingkungan terkontrol dan pengujian lanjutan pada lahan pertanian. Selain itu, konfigurasi terkait perangkat keras, jaringan, Firebase, serta interval pembacaan sensor juga ditetapkan secara jelas untuk menghindari ketidakkonsistenan selama proses evaluasi.

Berikut ini merupakan penjelasan lengkap mengenai lingkungan dan konfigurasi pengujian system.

4.2.1 Lingkungan Pengujian

1. Pengujian Awal di Lingkungan Rumah

Pengujian awal dilakukan di rumah peneliti untuk memastikan seluruh komponen bekerja sebagaimana mestinya sebelum perangkat dibawa ke lapangan. Lingkungan rumah dipilih karena relatif lebih stabil dan memungkinkan identifikasi kesalahan dasar tanpa gangguan eksternal. Pada tahap ini, beberapa hal diuji, seperti:

- Pembacaan awal semua sensor.
- Koneksi Wi-Fi perangkat.
- Pengiriman data pertama ke Firebase.
- Pembacaan nilai melalui *Serial Monitor*.

Pengujian awal ini berfungsi sebagai validasi dasar bahwa perangkat tidak mengalami error sejak awal, sehingga risiko kesalahan di lapangan dapat diminimalisir. Tahap ini penting karena kondisi lapangan cenderung lebih dinamis.

2. Pengujian Lanjutan di Lahan Pertanian

Setelah seluruh komponen dinyatakan bekerja dengan benar, pengujian dilanjutkan ke lokasi yang menjadi tujuan utama penelitian, yaitu lahan pertanian sawah. Lingkungan ini memiliki karakteristik yang sangat berbeda dibandingkan pengujian awal. Beberapa kondisi yang diamati dalam pengujian di lapangan antara lain:

- Tingkat kelembapan tanah yang tinggi.
- Paparan cahaya matahari yang bervariasi.
- Kondisi suhu udara yang berubah-ubah.

Pengujian di lapangan penting dilakukan untuk menilai bagaimana sistem merespons perubahan lingkungan yang cepat, serta apakah perangkat tetap dapat mengirimkan data secara konsisten.

4.2.2 Konfigurasi Perangkat Keras

Perangkat dirakit dalam bentuk *prototype* sistem dan telah dilengkapi dengan casing pelindung yang digunakan selama proses pengujian. Meskipun masih berada pada tahap prototipe penelitian, perangkat yang digunakan telah memiliki struktur fisik yang stabil dan layak untuk dilakukan pengujian lapangan.

Setiap sensor diposisikan sesuai dengan karakteristik pengukurannya. Sensor *Soil Moisture* ditanamkan langsung ke dalam tanah untuk memperoleh nilai kelembapan tanah secara akurat, sedangkan sensor BH1750 ditempatkan pada posisi terbuka agar dapat menangkap intensitas cahaya lingkungan secara optimal.

4.2.3 Konfigurasi Jaringan dan Firebase

1. Pengaturan Koneksi Wi-Fi

ESP32 membutuhkan koneksi internet untuk mengirimkan data ke Firebase. Pada tahap pengujian, dua jenis jaringan digunakan:

- Wi-Fi rumah untuk pengujian awal.
- Hotspot *smartphone* untuk pengujian di lapangan.

Kedua jenis jaringan ini memiliki karakteristik yang berbeda, sehingga membantu menilai apakah ESP32 mampu melakukan *reconnect* otomatis ketika kehilangan koneksi

2. Konfigurasi Firebase

Firebase digunakan sebagai penyimpanan data utama karena mendukung pembaruan *real-time*. Struktur *database* disusun sederhana agar mudah diakses oleh aplikasi *mobile*.

4.2.4 Interval Pembacaan dan Pengiriman Data

Interval pembacaan sensor ditetapkan sesuai kebutuhan pemantauan. Pada pengujian ini, interval dibuat 60 detik untuk melihat perubahan nilai sensor.

Interval ini dipilih untuk:

- Melihat apakah pembacaan sensor konsisten.
- Menilai stabilitas koneksi jaringan dalam periode pendek.
- Memastikan Firebase menerima pembaruan dengan baik.

Interval pembacaan menjadi faktor penting karena mempengaruhi jumlah data yang dikirim ke Firebase, konsumsi daya perangkat, serta respon aplikasi *mobile*.

4.2.5 Perangkat Lunak Pendukung Pengujian

Beberapa perangkat lunak digunakan selama pengujian untuk membantu memonitor dan menganalisis jalannya sistem:

- Arduino IDE digunakan untuk menulis dan mengunggah kode program ke ESP32.
- *Serial Monitor* digunakan untuk melihat hasil pembacaan sensor dan mendeteksi error secara langsung.
- *Firestore Console* digunakan untuk memantau apakah data berhasil dikirim dan diperbarui secara *real-time*.
- *Python* digunakan untuk membuat *forecasting*.
- Aplikasi *mobile* digunakan untuk memastikan data yang tampil sesuai dengan Firebase.

Kombinasi perangkat lunak ini memberikan gambaran utuh mengenai alur data mulai dari sensor hingga tampil di aplikasi.

4.3 Skenario Pengujian Sistem menggunakan Black Box

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode Black Box, yaitu metode yang mengevaluasi fungsi perangkat berdasarkan input dan output tanpa melihat proses internal pada

kode program. Pendekatan ini dipilih karena penelitian ini lebih menekankan pada kemampuan perangkat dalam menjalankan fungsi utamanya secara nyata, bukan pada analisis struktur internal program. Dengan demikian, pengujian berfokus pada apakah sistem dapat memberikan hasil sesuai yang diharapkan pada berbagai kondisi lingkungan.

Skenario pengujian disusun berdasarkan kebutuhan pengguna, fungsi utama alat, serta alur sistem yang telah diimplementasikan pada BAB III dan BAB IV bagian sebelumnya. Setiap skenario dirancang untuk menguji satu fungsi spesifik dari perangkat, mulai dari pembacaan sensor hingga pengiriman data dan pembaruan informasi pada Firebase dan aplikasi *mobile*.

Skenario pengujian ini juga mencakup kondisi normal, kondisi ekstrem, dan kondisi tidak stabil, agar dapat diperoleh gambaran yang lebih menyeluruh mengenai performa sistem. Dengan menyusun skenario secara terstruktur, hasil pengujian dapat dinilai secara objektif dan memudahkan proses analisis pada bagian pembahasan.

Berikut adalah skenario pengujian yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 4.5 Skenario Pengujian Sistem menggunakan Black Box

No.	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Input / Kondisi	Output yang Diharapkan
1	Pembacaan <i>Soil Moisture</i>	Menguji kelembapan tanah dalam dua kondisi	Tanah kering sampai tanah basah	Nilai sensor berubah signifikan sesuai kondisi (rendah saat basah, tinggi saat kering)
2	Pembacaan Suhu & Kelembapan Udara (DHT22)	Menilai respon sensor terhadap perubahan lingkungan	Area teduh sampai area panas	Suhu meningkat, kelembapan menurun atau meningkat sesuai kondisi
3	Pembacaan Intensitas Cahaya (BH1750)	Menguji akurasi sensor cahaya	Cahaya redup sampai cahaya terang	Nilai lux meningkat sesuai intensitas cahaya
4	Koneksi Wi-Fi	Menguji mekanisme <i>reconnect</i> otomatis	Jaringan dimatikan lalu dinyalakan kembali	ESP32 melakukan <i>reconnect</i> dan melanjutkan pengiriman data
5	Pengiriman Data ke Firebase	Menguji pengiriman saat pembacaan sensor berlangsung	Sensor membaca nilai baru	Firestore terbaru secara <i>real-time</i> pada <i>node last reading</i>
6	Pembaruan Data pada Aplikasi	Menguji apakah aplikasi menerima data terbaru	Firestore menerima nilai baru	Aplikasi menampilkan nilai yang sama seperti Firestore
7	Stabilitas Sistem	Menguji performa dalam jangka waktu panjang	Perangkat berjalan selama beberapa jam	Sistem tetap stabil tanpa error

Penjelasan Setiap Skenario Pengujian:

1. Pengujian Pembacaan *Soil Moisture*

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan sensor kelembapan tanah mampu mendeteksi perubahan kondisi tanah secara nyata. Sensor dimasukkan pada tanah kering terlebih dahulu lalu dipindahkan ke tanah yang lembap atau disiram. Jika perangkat bekerja dengan benar, nilai sensor akan turun ketika tanah basah dan naik saat tanah kering.

2. Pengujian Pembacaan Suhu dan Kelembapan Udara (DHT22)

Sensor DHT22 diuji dengan menempatkannya di dua kondisi berbeda: area teduh dan area panas. Pengujian ini penting karena kondisi suhu dan kelembapan udara di lahan sering kali berubah secara dinamis. Sensor diharapkan dapat memberikan nilai yang stabil dan cepat merespons perubahan.

3. Pengujian Pembacaan Cahaya (BH1750)

Intensitas cahaya diuji dengan mengarahkan sensor ke sumber cahaya yang berbeda. Nilai lux harus meningkat saat sensor diarahkan ke cahaya terang dan turun saat berada di tempat yang redup.

4. Pengujian Koneksi Wi-Fi

ESP32 sangat bergantung pada koneksi Wi-Fi. Oleh karena itu, dilakukan pengujian dengan memutus koneksi jaringan secara sengaja untuk melihat apakah perangkat dapat reconnect otomatis. Sistem dinyatakan berjalan baik apabila perangkat kembali terhubung tanpa perlu reset manual.

5. Pengujian Pengiriman Data ke Firebase

Pengujian ini memastikan bahwa data sensor yang terbaca dapat dikirimkan ke Firebase secara konsisten. Jika nilai pada Firebase berubah setiap kali ESP32 membaca sensor, maka pengujian dinyatakan berhasil.

6. Pengujian Pembaruan Data pada Aplikasi Mobile

Karena aplikasi mobile membaca data dari *node* yang sama di Firebase, pengujian ini menilai apakah aplikasi menampilkan data terbaru secara *real-time* dan sesuai dengan yang diterima Firebase.

7. Pengujian Stabilitas Sistem

Perangkat dijalankan selama beberapa jam untuk memastikan sistem dapat bekerja secara stabil. Pengujian ini difokuskan pada kestabilan ESP32, konsistensi pembacaan sensor, keberlanjutan pengiriman data ke Firebase, serta kondisi suhu perangkat selama digunakan.

4.4 Hasil Pengujian Sistem

Pada bagian ini dijelaskan hasil pengujian dari setiap skenario yang telah disusun sebelumnya. Pengujian dilakukan untuk melihat apakah perangkat mampu menjalankan seluruh fungsi utama secara konsisten, baik saat diuji di lingkungan rumah maupun pada lahan pertanian. Hasil pengujian ini menjadi dasar untuk menilai apakah sistem telah memenuhi kebutuhan pengguna dan apakah perangkat sudah siap untuk digunakan dalam kondisi nyata.

Setiap hasil pengujian dijelaskan berdasarkan fitur yang diuji, kondisi pengujian, serta apakah output yang dihasilkan sesuai dengan harapan. Karena pengujian dilakukan pada kondisi lingkungan yang berbeda, hasil yang diperoleh memberikan gambaran yang cukup komprehensif mengenai performa perangkat.

4.4.1 Hasil Pengujian Pembacaan Sensor

Pengujian pembacaan sensor dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh sensor yang digunakan pada sistem mampu membaca parameter lingkungan sesuai dengan kondisi sebenarnya. Pengujian ini meliputi sensor kelembapan tanah (*Soil Moisture*), sensor suhu dan kelembapan udara (DHT22), serta sensor intensitas cahaya (BH1750). Setiap sensor diuji pada beberapa kondisi lingkungan untuk melihat respon dan kestabilan nilai yang dihasilkan.

1. Sensor *Soil Moisture* (Kelembapan Tanah)

Pengujian dilakukan dengan menempatkan *probe* sensor pada kondisi tanah yang berbeda, yaitu tanah kering, tanah lembap, dan tanah yang baru disiram. Perubahan nilai pembacaan sensor diamati pada setiap kondisi tersebut.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa:

- Nilai pembacaan meningkat saat kondisi tanah kering.
- Nilai pembacaan menurun saat kondisi tanah basah.
- Respon sensor relatif stabil dari waktu ke waktu.

Hasil ini menunjukkan bahwa sensor *Soil Moisture* mampu mendeteksi perubahan kondisi kelembapan tanah dengan baik dan sesuai dengan kondisi aktual di lapangan.

```

Output Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on '/dev/cu.usbserial-
13:21:17.385 -> --- Uji Sensor Soil Moisture ---
13:21:17.385 -> Kelembapan Tanah : 87 % (Sangat Basah)
13:22:17.407 -> --- Uji Sensor Soil Moisture ---
13:22:17.407 -> Kelembapan Tanah : 83 % (Sangat Basah)
13:23:17.394 -> --- Uji Sensor Soil Moisture ---
13:23:17.394 -> Kelembapan Tanah : 0 % (Sangat Kering)
13:24:17.414 -> --- Uji Sensor Soil Moisture ---
13:24:17.414 -> Kelembapan Tanah : 86 % (Sangat Basah)
13:25:17.404 -> --- Uji Sensor Soil Moisture ---
13:25:17.404 -> Kelembapan Tanah : 0 % (Sangat Kering)

```

Gambar 4.1 Hasil Uji Pembacaan Sensor *Soil Moisture*

2. Sensor DHT22 (Suhu dan Kelembapan Udara)

Pengujian sensor DHT22 dilakukan dengan mengubah kondisi lingkungan di sekitar perangkat, seperti memindahkan perangkat dari area teduh ke area yang lebih panas. Nilai suhu dan kelembapan udara diamati selama proses pengujian berlangsung.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa:

- Perubahan suhu dan kelembapan udara dapat terbaca dengan jelas.
- Tidak ditemukan lonjakan nilai yang tidak wajar.
- Nilai pembacaan cenderung stabil pada kondisi lingkungan yang sama.

Hal ini menunjukkan bahwa sensor DHT22 mampu membaca parameter suhu dan kelembapan udara dengan baik.

```

Output Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on '/dev/cu
13:07:46.579 -> --- Uji Sensor DHT22 ---
13:07:46.579 -> Suhu Udara : 27.60 °C (Normal)
13:07:46.579 -> Kelembapan Udara : 53.30 % (Normal)
13:08:46.568 -> --- Uji Sensor DHT22 ---
13:08:46.568 -> Suhu Udara : 27.60 °C (Normal)
13:08:46.568 -> Kelembapan Udara : 52.60 % (Normal)
13:09:46.580 -> --- Uji Sensor DHT22 ---
13:09:46.580 -> Suhu Udara : 27.60 °C (Normal)
13:09:46.580 -> Kelembapan Udara : 52.60 % (Normal)
13:10:46.564 -> --- Uji Sensor DHT22 ---
13:10:46.608 -> Suhu Udara : 27.60 °C (Normal)
13:10:46.608 -> Kelembapan Udara : 53.00 % (Normal)
13:11:46.566 -> --- Uji Sensor DHT22 ---
13:11:46.566 -> Suhu Udara : 27.50 °C (Normal)
13:11:46.609 -> Kelembapan Udara : 53.30 % (Normal)
13:12:46.574 -> --- Uji Sensor DHT22 ---
13:12:46.574 -> Suhu Udara : 27.50 °C (Normal)
13:12:46.574 -> Kelembapan Udara : 53.10 % (Normal)
13:13:46.587 -> --- Uji Sensor DHT22 ---
13:13:46.588 -> Suhu Udara : 27.50 °C (Normal)
13:13:46.588 -> Kelembapan Udara : 53.20 % (Normal)
13:14:46.596 -> --- Uji Sensor DHT22 ---
13:14:46.596 -> Suhu Udara : 27.50 °C (Normal)
13:14:46.596 -> Kelembapan Udara : 53.20 % (Normal)

```

Gambar 4.2 Hasil Uji Pembacaan Sensor DHT22

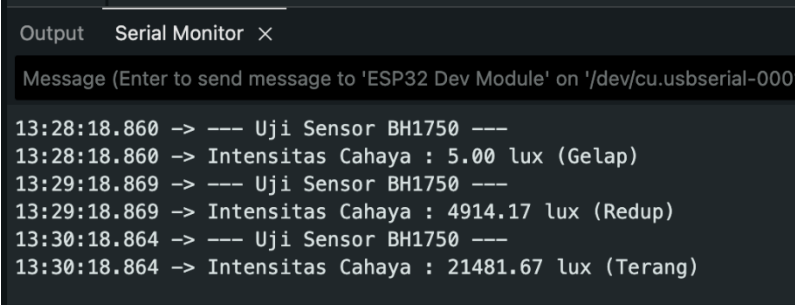
3. Sensor BH1750 (Intensitas Cahaya)

Pengujian sensor BH1750 dilakukan pada kondisi pencahayaan yang berbeda, seperti di dalam ruangan dan di luar ruangan. Nilai intensitas cahaya diamati untuk melihat perubahan nilai lux yang dihasilkan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa:

- Nilai lux meningkat saat sensor terkena cahaya yang lebih terang.
- Nilai lux menurun saat sensor berada pada kondisi pencahayaan rendah.

Hasil ini menunjukkan bahwa sensor BH1750 mampu mendeteksi perubahan intensitas cahaya sesuai dengan kondisi lingkungan.



```

Output Serial Monitor X
Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on '/dev/cu.usbserial-0001)
13:28:18.860 -> --- Uji Sensor BH1750 ---
13:28:18.860 -> Intensitas Cahaya : 5.00 lux (Gelap)
13:29:18.869 -> --- Uji Sensor BH1750 ---
13:29:18.869 -> Intensitas Cahaya : 4914.17 lux (Redup)
13:30:18.864 -> --- Uji Sensor BH1750 ---
13:30:18.864 -> Intensitas Cahaya : 21481.67 lux (Terang)

```

Gambar 4.3 Hasil Uji Pembacaan Sensor BH1750

4.4.2 Hasil Pengujian Koneksi Wi-Fi dan *Reconnect* Otomatis

Pengujian koneksi Wi-Fi dilakukan untuk mengetahui kemampuan ESP32 dalam mempertahankan koneksi jaringan serta melakukan reconnect otomatis ketika koneksi terputus. Pengujian dilakukan dengan mematikan router secara sengaja, kemudian menghidupkannya kembali setelah beberapa detik.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa:

- ESP32 mampu mendeteksi terputusnya koneksi jaringan,
- ESP32 dapat melakukan reconnect otomatis setelah jaringan kembali tersedia,
- Tidak diperlukan restart manual pada perangkat.

Kemampuan reconnect otomatis ini penting karena perangkat akan digunakan di lingkungan lahan pertanian dengan kualitas jaringan yang tidak selalu stabil.

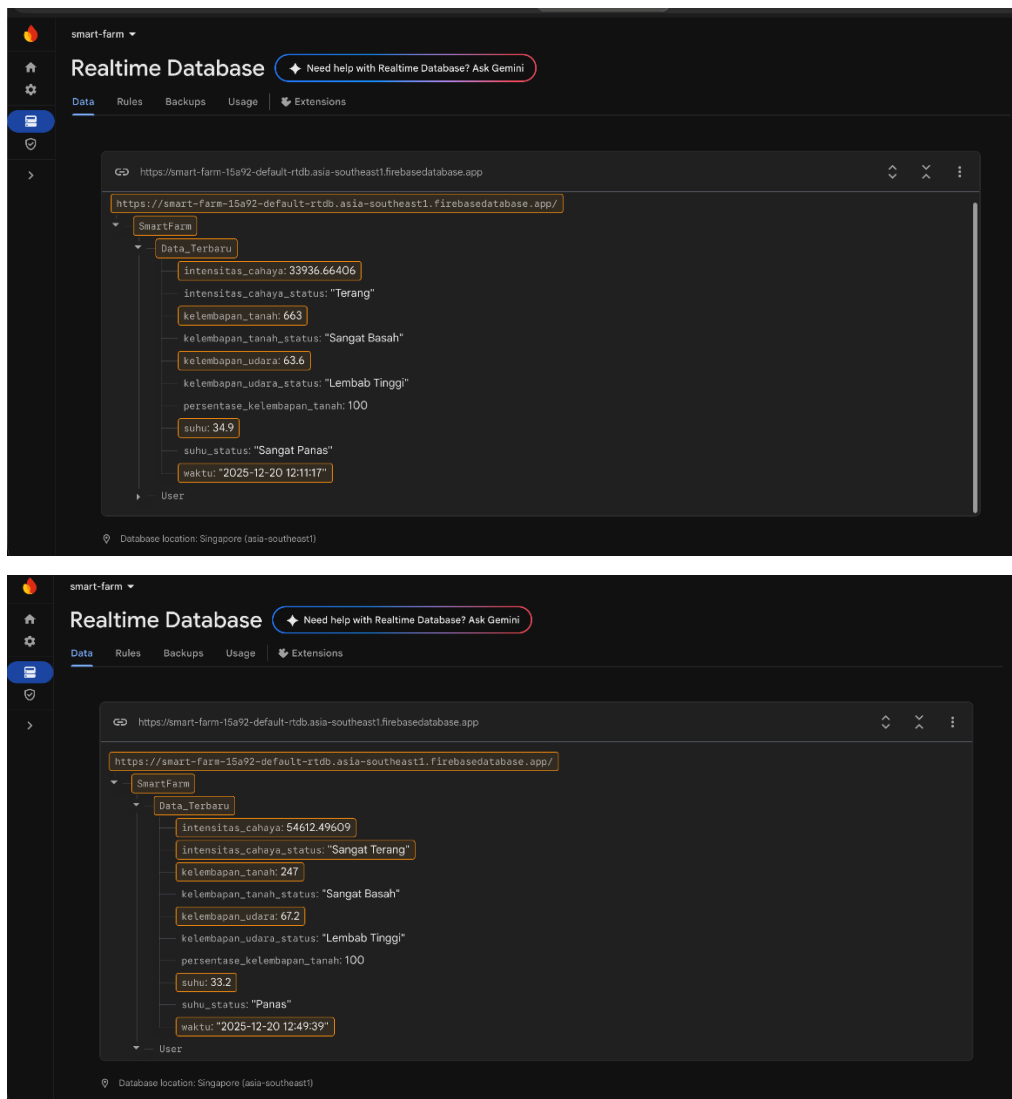
4.4.3 Hasil Pengujian Pengiriman Data ke Firebase

Pengujian pengiriman data ke Firebase dilakukan untuk memastikan bahwa data hasil pembacaan sensor dapat dikirim dan disimpan dengan benar. Pengujian difokuskan pada kesesuaian nilai data, kecepatan pembaruan, serta kemungkinan terjadinya kehilangan data.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa:

- Nilai yang dikirim ke Firebase sesuai dengan hasil pembacaan sensor,
- Firebase memperbarui data secara real-time,
- Tidak ditemukan indikasi kehilangan data selama proses pengujian.

Node *last_reading* pada Firebase selalu diperbarui dengan nilai terbaru, yang menunjukkan bahwa sistem pengiriman data berjalan dengan baik.



Gambar 4.4 Hasil Uji Pengiriman Data ke Firebase

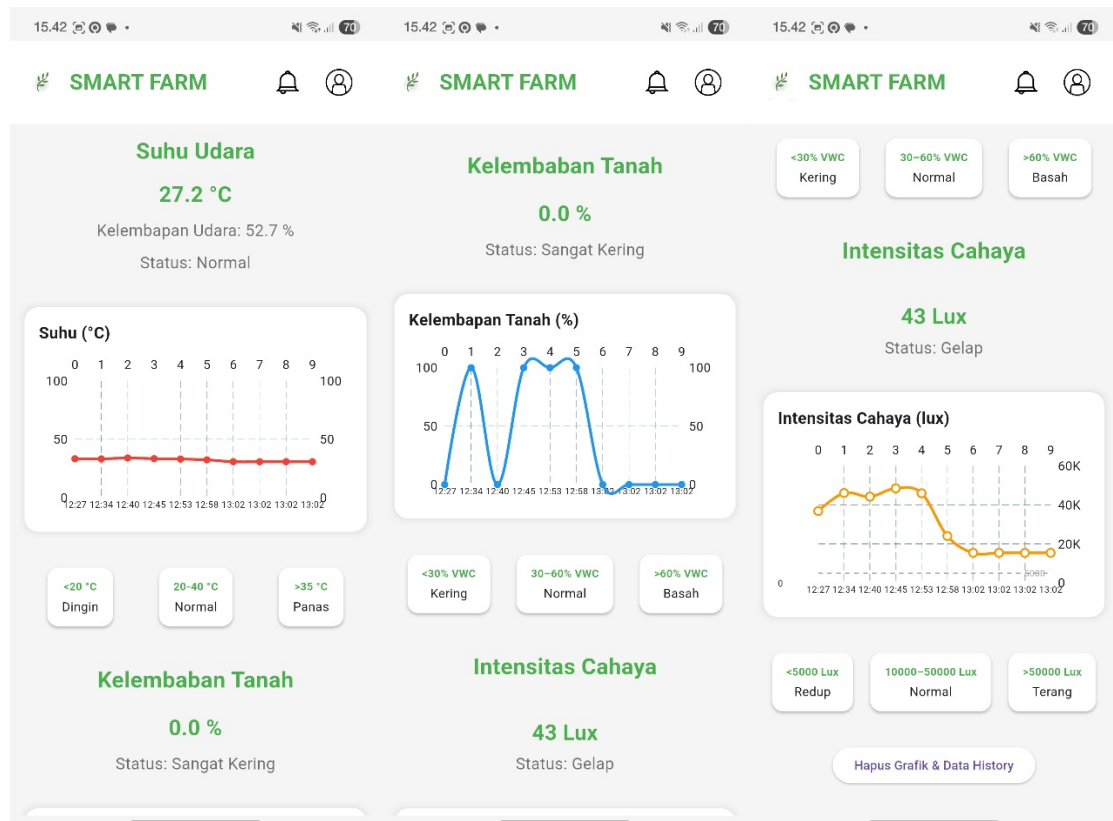
4.4.4 Hasil Pengujian Tampilan Aplikasi

Pengujian tampilan aplikasi dilakukan untuk memastikan bahwa aplikasi mobile dapat menampilkan data sensor sesuai dengan nilai yang tersimpan pada Firebase. Pengujian ini dilakukan dengan mengamati perubahan data pada aplikasi saat nilai sensor berubah.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa:

- Tampilan aplikasi mengikuti perubahan data dengan cepat,
- Nilai sensor yang ditampilkan sesuai dengan nilai pada Firebase,
- Tidak ditemukan keterlambatan pembaruan data yang signifikan.

Hal ini menunjukkan bahwa integrasi antara Firebase dan aplikasi mobile berjalan dengan baik.



Gambar 4.5 Hasil Uji Tampilan Aplikasi

4.4.5 Hasil Pengujian Stabilitas Sistem

Pengujian stabilitas sistem dilakukan untuk mengetahui kemampuan perangkat pemantauan lahan berbasis IoT dalam bekerja secara konsisten pada kondisi penggunaan lapangan. Pengujian ini dilakukan dengan mempertimbangkan keterbatasan teknis yang ada, salah satunya penggunaan koneksi internet berupa hotspot pribadi dari *smartphone* sebagai media pengiriman data.

Pada tahap pertama, perangkat diuji dengan cara dipindahkan ke beberapa titik lokasi setiap 20–30 menit. Pengujian ini bertujuan untuk melihat respon sistem terhadap perubahan kondisi lingkungan, seperti perbedaan intensitas cahaya, suhu udara, dan kelembapan tanah, serta perubahan kualitas jaringan akibat perpindahan lokasi. Selama pengujian berlangsung,

sistem tetap dapat membaca data sensor dan mengirimkan pembaruan ke Firebase tanpa mengalami gangguan yang signifikan.

Pada tahap berikutnya, pengujian stabilitas dilakukan secara berkelanjutan dengan menempatkan perangkat pada satu lokasi yang sama selama kurang lebih satu jam. Pengujian ini dilakukan bersamaan dengan proses perbandingan hasil pengukuran menggunakan alat komersial. Selama periode tersebut, sistem tetap berjalan sesuai dengan interval pengiriman data yang telah ditentukan.

Berdasarkan hasil pengujian, ESP32 tidak mengalami error atau restart secara tiba-tiba. Pembacaan sensor tetap berlangsung secara konsisten, Firebase terus menerima pembaruan data secara berkala, dan perangkat tidak menunjukkan peningkatan suhu yang berlebihan. Dengan mempertimbangkan kondisi pengujian dan keterbatasan koneksi yang digunakan, sistem dapat dinyatakan mampu bekerja secara stabil pada skala pengujian penelitian ini.

4.4.6 Hasil Pengujian Implementasi *Forecasting*

Pengujian implementasi *forecasting* dilakukan untuk memastikan bahwa sistem mampu memanfaatkan data historis hasil pembacaan sensor yang tersimpan pada Firebase untuk menghasilkan nilai prediksi kondisi lahan. *Forecasting* pada penelitian ini berfungsi sebagai fitur pendukung sistem pemantauan, sehingga pengujian difokuskan pada aspek fungsional, yaitu proses pengambilan data historis, perhitungan nilai prediksi, serta penyimpanan dan penampilan hasil forecasting pada sistem.

Proses pengujian dilakukan dengan mengambil data historis sensor yang tersimpan pada Firebase. Data tersebut diolah menggunakan program berbasis Python dengan pendekatan perhitungan rata-rata dari sejumlah data terakhir (*moving average*). Hasil perhitungan forecasting kemudian dikirim kembali ke Firebase dan disimpan sebagai data prediksi yang dapat diakses oleh aplikasi.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, diperoleh beberapa temuan sebagai berikut:

- Sistem *forecasting* berhasil mengambil data historis sensor dari Firebase tanpa mengalami kendala koneksi.
- Data historis yang digunakan memenuhi jumlah minimum data yang dibutuhkan untuk proses perhitungan forecasting.
- Proses *forecasting* menghasilkan nilai prediksi suhu dan kelembapan tanah berdasarkan data historis terbaru.

- Hasil forecasting berhasil disimpan kembali ke Firebase pada jalur data yang telah ditentukan.
- Aplikasi dapat membaca dan menampilkan data hasil forecasting bersama dengan data aktual sensor.

Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa integrasi antara sistem IoT, Firebase, dan sistem forecasting berbasis Python telah berjalan sesuai dengan rancangan. Forecasting mampu memberikan informasi tambahan berupa perkiraan kondisi lahan pada periode selanjutnya, sehingga pengguna tidak hanya memperoleh data kondisi lahan secara real-time, tetapi juga gambaran awal untuk membantu pengambilan keputusan dalam pengelolaan lahan pertanian.

Secara interpretatif, hasil *forecasting* yang dihasilkan melalui metode *Moving Average* merepresentasikan kecenderungan kondisi lingkungan lahan berdasarkan data historis pada periode sebelumnya. Nilai prediksi yang diperoleh tidak dimaksudkan sebagai nilai absolut, melainkan sebagai indikasi awal terhadap arah perubahan kondisi lahan, seperti kecenderungan peningkatan suhu atau perubahan tingkat kelembapan tanah. Dengan demikian, informasi *forecasting* ini dapat dimanfaatkan sebagai dasar awal bagi pengguna untuk melakukan antisipasi dan perencanaan tindakan, misalnya meningkatkan intensitas pemantauan atau melakukan penyesuaian pengelolaan lahan, tanpa harus menunggu terjadinya perubahan kondisi secara signifikan di lapangan.

Data yang digunakan dalam proses *forecasting* pada penelitian ini merupakan data *time series*, yaitu data hasil pengamatan sensor yang dikumpulkan secara berurutan berdasarkan interval waktu tertentu. Sistem IoT yang dikembangkan melakukan pembacaan dan pengiriman data sensor ke Firebase secara berkala setiap 60 detik, sehingga membentuk rangkaian data historis yang merepresentasikan perubahan kondisi lingkungan lahan dari waktu ke waktu. Data *time series* inilah yang kemudian dimanfaatkan sebagai dasar perhitungan metode *Moving Average* untuk menghasilkan nilai prediksi pada periode berikutnya.



Gambar 4.6 Hasil Uji Implementasi *Forecasting*

4.4.7 Rekapitulasi Hasil pengujian

Untuk memudahkan analisis, rekap hasil pengujian disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.6 Tabel Rekapitulasi Hasil Pengujian

Fitur yang Diuji	Output yang Diharapkan	Hasil Pengujian
Sensor <i>soil moisture</i>	Nilai berubah sesuai kondisi tanah	Berhasil
Sensor DHT22	Suhu & Kelembapan berubah sesuai kondisi udara	Berhasil
Sensor BH1750	Nilai lux meningkat saat terang	Berhasil
Reconnect Wi-Fi	Reconnect otomatis pada alat	Berhasil
Pembaruan Data Firebase	Data yang tersimpan secara <i>real-time</i> sesuai interval	Berhasil
Tampilan Aplikasi	Nilai sesuai Firebase	Berhasil
Stabilitas sistem	Tidak ada error selama pengujian	Berhasil
Forecasting	Data prediksi ditampilkan	Berhasil

4.5 Perbandingan Sistem Pemantauan dengan Alat Komersial

Setelah sistem pemantauan lahan berbasis IoT diuji dan menunjukkan hasil yang sesuai dengan rancangan, dilakukan analisis perbandingan dengan alat pemantauan yang telah tersedia secara komersial. Perbandingan ini bertujuan untuk melihat posisi sistem yang

dikembangkan dibandingkan dengan alat yang umum digunakan di lapangan, serta untuk mengidentifikasi kelebihan dan keterbatasan masing-masing sistem.

Alat komersial yang digunakan sebagai pembanding pada penelitian ini adalah *three-way meter* untuk pengukuran kelembapan tanah dan intensitas cahaya, serta HTC-2 untuk pengukuran suhu dan kelembapan udara. Kedua alat tersebut dipilih karena mudah ditemukan, sering digunakan, dan merepresentasikan alat ukur lingkungan yang umum digunakan secara manual.

4.5.1 Perbandingan Sistem IoT dengan Alat Komersial

Perbandingan antara sistem pemantauan lahan berbasis IoT dengan alat komersial dilakukan secara deskriptif berdasarkan aspek fungsional, cara penggunaan, dan kemampuan pengelolaan data. Ringkasan perbandingan disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Perbandingan Sistem IoT dengan Alat Komersial

Aspek Perbandingan	Sistem IoT Penelitian	<i>Three-Way Meter</i>	HTC-2
Parameter yang diukur	Kelembapan tanah, suhu, kelembapan udara, intensitas cahaya	Kelembapan tanah, intensitas cahaya	Suhu dan kelembapan udara
Cara penggunaan	Terpasang di lahan dan bekerja otomatis	Pengukuran manual di titik tertentu	Pengukuran manual
Pemantauan jarak jauh	Tersedia melalui aplikasi	Tidak tersedia	Tidak tersedia
Penyimpanan data historis	Tersimpan di Firebase	Tidak tersedia	Tidak tersedia
Frekuensi pengukuran	Berkala sesuai interval sistem	Sesuai kebutuhan pengguna	Sesuai kebutuhan pengguna
Tampilan data	Aplikasi mobile (<i>real-time</i> & historis)	Skala analog	Layar digital
Fitur forecasting	Tersedia (berbasis data historis)	Tidak tersedia	Tidak tersedia

4.5.2 Perbandingan Hasil Pengukuran Sistem IoT dengan Alat Komersial

Perbandingan hasil pengukuran dilakukan untuk melihat kesesuaian nilai yang dihasilkan oleh sistem pemantauan lahan berbasis IoT dengan alat ukur komersial yang umum digunakan di lapangan. Perbandingan ini bertujuan untuk memberikan gambaran apakah nilai pembacaan sistem IoT berada pada rentang yang wajar jika dibandingkan dengan alat komersial, bukan untuk melakukan pengujian akurasi atau proses kalibrasi sensor.

Pengambilan data dilakukan pada tanggal 20 Desember 2025 dalam rentang waktu pukul 12.00 WIB hingga 13.00 WIB pada lokasi yang sama, sehingga kondisi lingkungan yang diukur relatif serupa. Alat komersial yang digunakan sebagai pembanding adalah HTC-2 untuk

pengukuran suhu dan kelembapan udara, serta three-way meter untuk pengukuran kelembapan tanah dan intensitas cahaya. Sistem IoT membaca data secara otomatis pada interval yang telah ditentukan, sementara alat komersial digunakan secara manual pada waktu yang sama. Ringkasan hasil perbandingan pengukuran disajikan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Pengukuran Sistem IoT dengan Alat Komersial

Parameter	Sistem IoT (Rentang Nilai)	Sistem IoT (Rata-rata)	Alat Komersial (Rentang/Indikator)	Keterangan
Intensitas Cahaya	21.580 – 54.612 Lux	40.419 Lux	Terang (<i>Three-Way Meter</i>)	Menunjukkan kondisi pencahayaan terbaca sama
Kelembapan Tanah	100% (Sangat Basah)	100% (Sangat Basah)	90-100% (<i>Three-Way Meter</i>)	Menunjukkan kondisi yang sama
Kelembapan Udara	63.6 – 69.4 %	67.1 %	49-58 % (HTC-2)	Menunjukkan kondisi yang relatif serupa
Suhu Udara	32.2 – 35.6 °C	33.8 °C	33.0 – 36.2 °C (HTC-2)	Menunjukkan kondisi yang mendekati

Berdasarkan hasil perbandingan, nilai yang dihasilkan oleh sistem IoT menunjukkan perbedaan yang relatif kecil dibandingkan dengan alat komersial untuk parameter suhu dan kelembapan udara. Perbedaan nilai tersebut masih berada dalam batas yang wajar dan dapat dipengaruhi oleh perbedaan jenis sensor, resolusi alat ukur, serta waktu pembacaan data yang tidak sepenuhnya bersamaan hingga ke tingkat detik.

Untuk parameter kelembapan tanah dan intensitas cahaya, alat komersial three-way meter menampilkan hasil dalam bentuk skala atau indikator tingkat tertentu, sehingga perbandingan dilakukan secara deskriptif. Nilai yang dihasilkan oleh sistem IoT menunjukkan kecenderungan kondisi yang sejalan dengan indikator yang ditampilkan oleh alat komersial.

Dengan demikian, hasil perbandingan ini menunjukkan bahwa sistem pemantauan lahan berbasis IoT mampu menghasilkan nilai pengukuran yang secara umum sejalan dengan alat komersial yang digunakan di lapangan. Perbandingan ini memperkuat bahwa sistem IoT layak digunakan sebagai alat pemantauan kondisi lahan secara berkelanjutan, dengan keunggulan tambahan berupa pemantauan otomatis, penyimpanan data historis, dan akses jarak jauh melalui aplikasi.

4.5.3 Pembahasan Hasil Perbandingan

Berdasarkan perbandingan yang dilakukan, alat komersial seperti three-way meter dan HTC-2 memiliki keunggulan dari sisi kemudahan penggunaan dan kesiapan pakai. Alat tersebut dapat langsung digunakan tanpa perlu instalasi sistem tambahan, sehingga cocok untuk pengukuran cepat secara manual di lapangan.

Namun, alat komersial memiliki keterbatasan dalam hal pemantauan jangka panjang dan pengelolaan data. Hasil pengukuran tidak tersimpan sebagai data historis dan hanya dapat diketahui saat pengguna berada langsung di lokasi. Selain itu, alat komersial tidak menyediakan fitur pemantauan jarak jauh maupun prediksi kondisi lingkungan.

Sistem pemantauan lahan berbasis IoT yang dikembangkan pada penelitian ini menawarkan pendekatan yang berbeda. Sistem mampu melakukan pemantauan kondisi lahan secara otomatis dan berkala, menyimpan data historis, serta menampilkan data secara real-time melalui aplikasi. Selain itu, adanya fitur forecasting memberikan nilai tambah berupa gambaran awal kondisi lahan berdasarkan data sebelumnya.

Dengan demikian, meskipun alat komersial lebih sederhana dan praktis untuk pengukuran sesaat, sistem IoT yang dikembangkan lebih unggul untuk kebutuhan pemantauan berkelanjutan dan pengambilan keputusan berbasis data dalam jangka waktu yang lebih panjang.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, serta pengujian yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem pemantauan lapangan pada lahan pertanian berbasis *Internet of Things* (IoT) berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor *Soil Moisture*, DHT22, dan BH1750. Sistem mampu membaca parameter lingkungan berupa kelembapan tanah, suhu udara, kelembapan udara, dan intensitas cahaya secara berkala dan otomatis.
2. Sistem mampu mengirimkan data hasil pembacaan sensor ke Firebase secara *real-time* melalui koneksi Wi-Fi. Data yang tersimpan dapat diakses dan ditampilkan dengan baik pada aplikasi mobile, sehingga memungkinkan pemantauan kondisi lahan dari jarak jauh tanpa harus berada langsung di lokasi pertanian.
3. Hasil pengujian fungsional menggunakan metode Black Box menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama sistem, mulai dari pembacaan sensor, pengiriman data, mekanisme *reconnect* Wi-Fi, hingga tampilan data pada aplikasi, berjalan sesuai dengan yang diharapkan.
4. Pengujian stabilitas sistem menunjukkan bahwa perangkat mampu bekerja secara konsisten baik pada kondisi pengujian berpindah lokasi setiap 20–30 menit maupun pada pengujian statis selama kurang lebih satu jam. Meskipun menggunakan koneksi hotspot pribadi dari smartphone, sistem tetap dapat mempertahankan konektivitas dan mengirimkan data ke Firebase tanpa error yang signifikan.
5. Fitur *forecasting* berbasis data historis yang tersimpan di Firebase berhasil diimplementasikan sebagai fitur pendukung sistem. Forecasting mampu memberikan nilai prediksi sederhana berdasarkan data sebelumnya, sehingga dapat membantu pengguna memperoleh gambaran awal mengenai kondisi lahan pada waktu berikutnya.
6. Perbandingan dengan alat komersial menunjukkan bahwa nilai pembacaan sistem IoT berada pada rentang yang sejalan dengan alat ukur yang umum digunakan di lapangan. Selain itu, sistem IoT memiliki keunggulan dalam hal pemantauan otomatis, penyimpanan data historis, pemantauan jarak jauh, dan dukungan informasi prediktif.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan dan penelitian selanjutnya.

1. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan proses kalibrasi sensor yang lebih terstandarisasi agar hasil pembacaan sensor semakin mendekati nilai referensi alat ukur profesional, terutama untuk parameter suhu dan kelembapan udara.
2. Penggunaan sumber koneksi internet yang lebih stabil, seperti jaringan Wi-Fi tetap atau modul komunikasi berbasis seluler (GSM/4G), dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan keandalan sistem pada implementasi jangka panjang di lahan pertanian.
3. Fitur *forecasting* dapat dikembangkan menggunakan metode prediksi yang lebih kompleks, seperti model statistik lanjutan atau machine learning, agar hasil prediksi kondisi lahan menjadi lebih akurat dan adaptif terhadap pola data jangka panjang.
4. Sistem dapat diperluas dengan penambahan parameter lain, seperti pH tanah atau curah hujan, sehingga informasi kondisi lahan yang diperoleh menjadi lebih lengkap dan mendukung pengambilan keputusan pertanian secara lebih komprehensif.
5. Pengembangan antarmuka aplikasi *mobile* yang lebih sederhana dan ramah pengguna, khususnya bagi petani lanjut usia, dapat meningkatkan tingkat adopsi dan kemudahan penggunaan sistem di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrew, & Haryono. (2022). *Internet of Things-based Agricultural Land Monitoring*. 6(3), 846–852.
- Ar-razy, H., & Wag yana, A. (2025). *DESIGN AND DEVELOPMENT OF A SOLAR-POWERED IOT- BASED MONITORING SYSTEM FOR SOLAR PANELS AND HYDROPONIC PLANTS RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING PANEL SURYA DAN TANAMAN HIDROPONIK BERBASIS INTERNET OF THINGS* 26(2), 118–127.
- Ardianto, A. F., Rahmasari, E. S., & Pratama, A. P. (2025). *Smart Irrigation System Berbasis IoT dengan Sensor Soil Moisture dan DHT22 Menggunakan Sumber Daya Terbarukan*. 500–511.
- Bakri, S. N., Irwan, M., Nasution, P., Islam, U., & Sumatera, N. (2024). *Penerapan Metodologi Rekayasa Perangkat Lunak untuk Efisiensi Pengembangan Sistem*. 3(1), 53–66.
- Heru Sandi, G., & Fatma, Y. (2023). Pemanfaatan Teknologi Internet of Things (Iot) Pada Bidang Pertanian. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(1), 1–5. <https://doi.org/10.36040/jati.v7i1.5892>
- Laksono, I. L., Kynta, D. P., Fadli, M., Wijaya, V., Multi, U., Palembang, D., Informatika, P. S., Multi, U., Palembang, D., Things, I. O., & Moisture, S. (2024). *Pemantauan Kelembaban tanah Berbasis IoT Menggunakan Sensor Soil Moisture*. 5(1), 24–33. <https://doi.org/10.35957/algorithmexxxx>
- Marzuki, A. H., & Imam Taufik. (2025). 2 1,2,. 2(2), 8–21.
- Merzouk, S., Cherkaoui, A., Marzak, A., & Nawal, S. (2020). IoT methodologies: Comparative study. *Procedia Computer Science*, 175, 585–590. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.07.084>
- Muflihah, N., & Sucipto, H. (2025). *WEATHER-BAGLOG PARAMETERS MONITORING SYSTEM BASED IOT-MQTT-NODERED FOR MUSHROOM CULTIVATION ROOM : A*. 6(2), 1040–1071.
- Natalia, Y., Sutabri, T., & Darma, U. B. (2024). *Rancangan Sistem Pemantauan Lingkungan Berbasis IoT untuk Pertanian Padi*. <https://journal.aptii.or.id/index.php/Switch/article/view/282>
- Navarro, E. (2020). *Proposal of architecture for IoT solution for monitoring and management of plantations*.
- Nuryadi, F., Wayan, N., Septiani, P., Lestari, M., & Tanah, P. (2025). *IMPLEMENTASI*

ESP32 UNTUK SISTEM PEMANTAUAN. 79–86.

<https://proceeding.unindra.ac.id/index.php/semnasristek/article/download/7550/2845>

Panji, D., Hardi, W., Afandi, H., Elektro, J. T., Industri, F. T., Gunadarma, U., Elektro, J. T., Industri, F. T., & Gunadarma, U. (2018). *PROTOTYPE PENGUKUR KELEMBABAN TANAH DAN INTENSITAS*. 115–119.

Pressman, R. S. (n.d.). *Software Engineering*.

Sari, D. M., & Rasyid, N. (2022). *Protoptype Pengairan Sawah dan Monitoring Kualitas PH Tanah Berbasis IOT Padi merupakan komoditas tanaman pangan penghasil beras yang memegang peranan penting dalam kehidupan ekonomi Indonesia . Beras sebagai makanan pokok sangat sulit digantikan oleh bah*. 5(2), 240–251. <https://e-journal.hamzanwadi.ac.id/index.php/infotek/article/download/5749/pdf>

Teo., R. F. D. and Y. S. (2025). “*What is Design Thinking and Why Is It So Popular?*” <https://www.interaction-design.org/literature/article/what-is-design-thinking-and-why-is-it-so-popular>

Thoriq, A., Hasta Pratopo, L., Mulya Sampurno, R., & Hisyam Shafiyullah, S. (2022). Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Tanah. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 10(3), 268–280. <https://doi.org/10.19028/jtep.010.3.268-280>

Tualar, S. (2017). percepatan transformasi teknologi dan inovasi smart farming dan petani milenial untuk meningkatkan produktivitas, nilai tambah, dan daya saing pertanian Indonesia. *Makalah Pada Rangkaian Seminar/Kuliah Umum ...*, January. https://www.researchgate.net/profile/Tualar-Simarmata/publication/330410706_PERCEPATAN_TRANSFORMASI_TEKNOLOGI_DAN_INOVASI_DALAM_ERA_SMART_FARMING_DAN_PETANI_MILENIAL_UNTUK_MENINGKATKAN_PRODUKTIVITAS_NILAI_TAMBAH_DAN_DAYA_SAING_PERTANIAN_INDONESIA_1_Tualar

Wahyu, S., Syafaat, M., & Yuliana, A. (2021). *Aplikasi Sensor BH1750 untuk Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman Cabai Menggunakan Arduino Bertenaga Surya Terintegrasi Internet of Things (IoT)*. 09(01), 71–78.

Wibowo, A. B., Laksono, R. D., Teknik, F., & Elektro, P. T. (2024). *SISTEM MONITORING PENGGUNAAN AIR SAWAH MENGGUNAKAN ARDUINO UNO*. 4(2), 28–35. https://www.researchgate.net/publication/380089192_SISTEM_MONITORING_PENGGUNAAN_AIR_SAWAH_MENGGUNAKAN_ARDUINO_UNO

Zahra, A., Nur, D., Jl, A., Pol, L., No, S., & Utara, K. P. (2024). *Analisa Perbandingan*

Penggunaan Metodologi Pengembangan Perangkat Lunak (Waterfall , Prototype , Iterative , Spiral , Rapid Application Development (RAD)). 4.

LAMPIRAN

Lampiran A:

Dokumentasi Foto Saat Pengujian Alat dengan Petani Langsung





Lampiran B:

Dokumentasi. Wawancara dengan Petani

Wawancara 1:

Pewawancara: Sebelumnya, perkenalkan saya dari—nama saya Nur Andra dari Universitas Islam Indonesia sama teman saya Daffa dari Jurusan Informatika, Pak. Nah, jadi di sini saya membuat aplikasi pertanian. Oh ya, sebelumnya namanya Bapak siapa ya?

Narasumber: Nama saya Untung, saya sebagai petani di sini, ya ini baru istilahnya baru musim tanam.

Pewawancara: Kalau boleh tahu umurnya Bapak berapa?

Narasumber: Umur saya lima puluh tiga.

Pewawancara: Sudah berapa tahun Pak Bapak jadi petani?

Narasumber: Saya sudah, istilahnya ya baru lima tahun.

Pewawancara: Lima tahun. Kalau lokasi sawah Bapak gimana aja?

Narasumber: Lokasi di Turi, Desa Turi, Kelurahan Kroyo, Kecamatan Karangmalang, Kabupaten Serang.

Pewawancara: Sebelumnya saya wawancara bentar ya Pak, kalau kendala Bapak terbesar selama bertani ini apa *nggih*?

Narasumber: Ya kendala saya, selama saya mulai tani itu masalah istilah petani, orang petani itu asem-aseman. Asem-aseman itu, apa itu, benih, anu, *tandur*, istilahnya orang petani. *Tandur*-nya sering mati, sering garing. Yang kedua, anu masalah *suket*, rumput. Gimana caranya biar rumput itu bisa hilang kalau pakai obat, obat apa gitu. Coba nanti gimana langkah-langkah Mas biar bisa memecahkan masalah ini.

Pewawancara: Kalau selama ini Bapak kalau mantau sawah gitu langsung datang ke lokasi ya?

Narasumber: Iya.

Pewawancara: Terus kalau misalnya ada aplikasi itu, Pak, kalau fitur-fitur yang Bapak

butuhkan itu apa ya? Kayak misalnya monitoring suhu, monitoring ini kelembaban tanah, jadi Bapak tahu kering apa enggaknya tanah, apa terus riwayat grafik tanah sehari itu gimana, terus ada notifikasi juga, itu penting apa enggak ya, Pak?

Narasumber: Itu penting sekali. Masalahnya buat kesehatan tanaman harus memikirkan itu. Kelembaban tanah, suhu tanah, ya kayak gitu.

Pewawancara: Kalau akses internet di sini gimana, Pak? Sinyalnya?

Narasumber: Baik.

Pewawancara: Bagus ya. Oke. Langsung uji coba aja *nggih* Pak. Pertanyaan dulu ya.

Sama saja, hampir rata-rata sama. Apa? Sama rata-rata hampir sama. Cuma cukup ya? Bang *sentas* yang sebelum? Sebelumnya? Sebelumnya udah sama? Coba yang belum, oh ya udah. Kalau dari, kan jadi ada tiga sensor ini, Pak. Sensor suhu, suhu udara, sensor tanah kering apa enggaknya, sama sensor ini cahaya terang apa enggaknya. Nah, dari tiga itu yang paling penting yang mana ya, Pak? Kalau sebelah sensor yang paling penting itu yang mana ya?

Narasumber: Menurut saya, suhu tanah, suhu udara.

Pewawancara: Kalau istilah cahaya, Bapak kurang ini ya, kurang mengerti ya cara ini ya, dapat hasil yang lebih dari satu itu. Kalau misalnya ada fitur ini, Pak, ramalan cuaca gitu.

Misalnya nanti hari ini bakal hujan apa bakal kemarau gitu, penting apa enggak?

Narasumber: Penting ya. Pengaruh banget ya.

Pewawancara: Terus nanti nih alatnya ini masih sementara pakai baterai, Pak. Kalau misalnya ganti secara berkala gitu, per hari ganti baterai, ngecas baterai. Kalau misalnya gitu, pakai menggunakan *powerbank* gitu, dicas gitu, Bapak keberatan apa enggak ya, Pak? Misalnya ada alatnya gitu.

Narasumber: Enggak, misalnya baterai, enggak apa-apa.

Pewawancara: Langsung coba ya. Ini, enggak apa-apa. Yang ini sensor cahaya, yang ini untuk sensor suhu, sama ini sensor untuk tanah atausebelah sini. Ini aplikasi saya ada, kemudian Bapak daftar. Mendaftar dengan nama Bapak. Nama Bapak siapa tadi, Pak?

Narasumber: Untung.

Pewawancara: Untung. Saya *password*-nya Bapak, misalnya gampang 123 aja. Terus lokasi Bapak sekar—yang sawah ini di mana, Pak?

Narasumber: Ini di Turi.

Pewawancara: Di Turi. Jadi Bapak bisa menyalakan sensor yang mau Bapak pantau itu yang mana. Misalnya mau dinyalain semua juga bisa, kemudian nyalakan. Terus nah nanti muncul ini, Pak, suhu saat ini. (suara motor) Jadi nanti per satu menit ini suhunya berubah, Pak. Suhu kelembapan sensornya berubah per satu menit. Jadi Bapak bisa tahu nanti grafiknya di sini. Terus kemudian nanti ada notifikasi di sini misalnya, nah terlalu basah. Misalnya masih *nggenang* gini kan, Pak. Nah nanti pas misalnya tanahnya kering juga nanti ada sens—apa notifikasi pemberitahuan kalau tanahnya kering. Kemudian Bapak misalnya kayak terlalu, terlalu berat ininya sensornya nyala semua, bisa dimatiin, ya suhunya dimatiin, dapat cuma kelembapan tanah aja. Terus misalnya mau Bapak mau nambah lahan mungkin bisa keluar terus daftar lagi nanti. Mungkin ini cukup, Pak, dari aplikasinya. Saya ada pertanyaan untuk aplikasi terakhir, Pak, ya. Jadi saya ada kayak skala satu sampai lima gitu, Pak. Satu tuh paling jelek dan lima tuh paling bagus gitu, Pak. Jadi ini, *eeh*... Nah dari aplikasi yang tadi sudah saya terangkan, Pak, *eeh* Bapak merasa aplikasi ini mudah digunakan apa enggak ya?

Narasumber: Mudah. **Pewawancara:** Dari satu sampai lima ini berapa ya kira-kira?

Narasumber: Ya kita ambil tengah-tengah, empat gitu.

Pewawancara: Oke, terus kalau aplikasinya rumit apa enggak, Pak?

Narasumber: Enggak.

Pewawancara: Jadi itu satu *nggih* Pak, ya. Secara kerumitan itu tidak rumit ya. Kalau fitur-fitur aplikasinya mudah dipahami, lima *nggih* Pak. Terus... *eeh* Bapak merasa ada bagian tertentu aplikasi ini membingungkan, ada enggak, Pak?

Narasumber: Enggak.

Pewawancara: Enggak ada, satu *nggih* Pak. Terus... Kalau sensornya membantu?

Narasumber: Membantu.

Pewawancara: Oke. Kemudian kalau tampilan teksnya, Pak? Gini, terlalu kecil apa udah cukup, Pak? Untuk tips ini, kesimpulannya semua kondisi normal dan stabil. Satu sampai lima berapa, Pak? Dari teks.

Narasumber: Ya empat gitu.

Pewawancara: Empat, oke. Terus... Bapak percaya diri enggak pakai aplikasi ini tanpa bantuan dari misalnya saya gitu? Saya misal kasih Bapak aplikasi ini, Bapak bisa *nggunain* sendiri gitu?

Narasumber: Ya bisa.

Pewawancara: Bisa ya, percaya ya, oke lima. Oke, berarti Bapak perlu enggak belajar banyak setelah saya kasih aplikasi ini?

Narasumber: Ya pengen.

Pewawancara: Pengen ya. Oke, cukup *nggih* Pak. (suara motor) (suara orang bergumam) *The good of ubah-ubahan itu? Kalau sensornya cuma sampai ini doang.* Oh, kalau misalnya sensornya kan sementara cuma tiga. Kalau Bapak mungkin ada tambahan sensor, itu ada sensor apa mungkin yang Bapak pengen tambahkan?

Narasumber: Sebenarnya saya kurang tahu masalah alat-alat pengukuran.

Pewawancara: Mungkin prediksi itu tadi ya, Pak, ya. Kalau datanya *update*-nya setiap enam puluh detik gitu cukup enggak, Pak, ya? Apa Bapak pengen *update* yang cepat itu, sepuluh detik ganti, ganti, ganti, apa enam puluh detik ganti, ganti, ganti?

Narasumber: Ya... Istilahnya jangan lama-lama. **Pewawancara:** Oh ya. Tapi enam puluh detik itu cukup apa enggak, Pak?

Narasumber: Ya cukup.

Pewawancara: Cukup ya. Nah kadang kalau misalnya cahayanya ini berubah ini, Pak, cahayanya keluar. Tapi kok salah itu ya? (suara motor) *Oh setelah testing. Aku nggak ada, tadi aku perlu diproses juga. Karena aku testing juga ada pertanyaannya. Oke. Terus, eeh, apa, ini nomor berapa, terus nomor...* Kalau ini tadi ada berapa? Ada tiga. Oh ini ada tiga. Ada pertanyaan lagi. Delapan sampai lima belas. Ya sampai dua puluh. Mungkin ini pertanyaan cepat aja, Pak, ya. *Eeh* apakah pengguna perangkat sensor ini dapat menghemat waktu pengamatan Bapak secara manual gitu? Jadi Bapak enggak perlu datang ke sini lagi.

Narasumber: Oh iya.

Pewawancara: Oke ya, terus, *eeh*, apakah jadi kalau perangkatnya ini, kalau misalnya, Kalau untuk *casing* ini, Pak, cukup menin—mungkin apakah Bapak cukup *casing*-nya seperti ini sudah cukup melindungi apa perlu ganti *casing* yang lebih *propert* lagi, Pak?

Narasumber: Ya sebagai petani istilahnya yang penting bisa untuk mengontrol, mengecek, untuk mengetahui gimana langkah-langkahnya, *eeh* petani bisa menanam dengan lihat tanamannya dan mengontrol ini tepat gitu.

Pewawancara: Terus apakah perangkat ini membantu mencegah resiko seperti kekeringan tanah terus suhu terlalu tinggi gitu?

Narasumber: Oh iya, membantu.

Pewawancara: Untuk terakhir, Pak, apakah perangkat sensor ini layak digunakan sebagai alat monitoring jangka panjang di sawah, Pak?

Narasumber: Oh bisa, bisa.

Pewawancara: Cukup ya? Makasih banget, Pak.

Narasumber: Iya, iya, iya. Makasih ya, Pak.

Wawancara 2:

Pewawancara: Sebelumnya dengan Bapak siapa?

Narasumber: Bapak Supardi.

Pewawancara: Oke, baik. Pak Supardi. Eh, umur Bapak berapa nih? Boleh tahu.

Narasumber: Lima puluh delapan. 58 tahun.

Pewawancara: Bapak sudah berapa lama bertani?

Narasumber: Lima tahun. 5 tahun.

Pewawancara: Eh, lahan pertanian Bapak di mana aja?

Narasumber: Di sini sama yang sana, dua ya, dua patok. Di sini satu patok.

Pewawancara: Lokasinya di sini? Di Turi ini?

Narasumber: Iya.

Pewawancara: Kalau bertani cuma sawah ya, Pak, ya? Padi ya? Apa ada pertanian lain?

Narasumber: Saya nyambi potong rambut.

Pewawancara: Oh, nyambi potong rambut, *nggih*. Kalau kendala terbesar Bapak selama bertani ini apa ya, Pak?

Narasumber: Ya, *sundep* sama asem-aseman.

Pewawancara: Hm, tanah seperti ini?

Narasumber: Iya.

Pewawancara: Terus, kalau Bapak biasanya sehari-hari kalau mantau sawah langsung ke lokasi ya?

Narasumber: Iya.

Pewawancara: Hampir tiap hari Bapak ke sawah?

Narasumber: Tiap hari. Tiap hari. Nah. Kalau, jadi saya ini ada aplikasi buat mantau sawah, Pak. Weh, nah. Terus, jadi ini saya langsung izin cobain aja. Jadi ini ada, daftar Bapak, nama Bapak siapa?

Narasumber: Supardi. Supardi.

Pewawancara: Supardi, misal dan masukan password, password-nya yang gampang aja 123. Lokasi sawah Bapak di Turi ya?

Narasumber: Iya. Turi.

Pewawancara: Nah, jadi langsung, jadi sensor satu aplikasi kita ada tiga, Pak. Jadi sensor, sensor suhu udara, sama sensor cahaya, terik apa enggaknya, sama sensor tanah basah apa enggaknya tanah saat ini. Nah, jadi sensornya bisa dinyalain dan dimatiin di sini. Nah, mungkin muncul sensor di situ, Pak. Nanti Bapak tahu nanti suhu udaranya sekarang berapa, terus kelembapannya berapa, instrumen berapa. Nah, kelembaban saat ini 100%

karena lagi berair kan ini, Pak. Nah, nanti kalau pas kering langsung muncul juga notifikasi kalau—muncul juga pemberitahuan kalau ini suhu kering gitu. Nah, mungkin langsung aja ya, Pak, ya.

Narasumber: Iya. Biar cepat. Hm.

Pewawancara: Coba. Hm, kalau koneksi internet di sini stabil apa enggak ya, Pak? Ada apa enggak?

Narasumber: Kurang tahu ya.

Pewawancara: Kurang tahu? Oke, langsung ke pertanyaan ini. Eh, apakah Bapak merasa aplikasi ini mudah digunakan?

Narasumber: Mudah.

Pewawancara: Mudah?

Narasumber: Mudah.

Pewawancara: Kemudian, eh, kalau aplikasi ini rumit enggak, Pak?

Narasumber: Enggak.

Pewawancara: Enggak ya?

Narasumber: Iya.

Pewawancara: Terus, kalau eh fungsi-fungsinya mudah dipahami, Pak?

Narasumber: Mudah.

Pewawancara: Mudah, terus. Ada, di aplikasi ada yang membingungkan enggak, Bapak?

Itu di suhu simpel sebetulnya.

Narasumber: Tidak.

Pewawancara: Tidak ya, Pak?

Narasumber: Iya.

Pewawancara: Apakah Bapak merasa membutuhkan bantuan orang lain untuk operasi aplikasi ini, Pak?

Narasumber: Tidak.

Pewawancara: Tidak ya?

Narasumber: Iya.

Pewawancara: Berarti Bapak percaya diri memakai aplikasi sendiri ya? Oke. Terus, terakhir Pak, apakah Bapak merasa perlu mempelajari banyak hal sebelum menggunakan aplikasi ini? Panas suhu atuh.

Narasumber: Perlu ya, Pak, ya?

Pewawancara: Oke, ya cukup sekian, Pak.

Narasumber: Iya. **Pewawancara:** Oh mungkin, maaf, Pak, sesaat yang dari alat, pertanyaan dari alat mungkin. Eh—kata dia dari aplikasi. Heeh. Kalau sensor ini, Pak, suhu menurut Bapak sudah terlihat selama pengujian tadi sudah akurat apa belum ya, Pak?

Narasumber: Sudah akurat, oke.

Pewawancara: Terus, tadi perangkat tetap berfungsi ya, Pak, ya selama—oke, terus. Terus, apakah dengan adanya perangkat ini, Pak, dapat menghemat waktu Bapak dalam memantau sawah?

Narasumber: Oke, terus. Hm.

Pewawancara: Jadi di sini alatnya pakai casan, Pak, pakai baterai nanti dicas. Nah, Bapak misalnya punya alat ini, Bapak keberatan enggak kalau setiap hari harus mengganti mengecas alatnya gitu?

Narasumber: Tidak ya, Pak, ya.

Pewawancara: Terus, apakah aplikasi, apa, perangkat sensor ini dapat mencegah kekeringan tanah? Maksudnya mencegah—Bapak jadi tanah enggak kering gitu. Bapak tahu ini lahan lagi kering, Bapak langsung siram gitu. Dapat mencegah ya?

Narasumber: Dapat. Dapat, oke.

Pewawancara: Terus terakhir, Pak, apakah perangkat ini sama aplikasi ini nanti dapat Bapak gunakan dalam jangka panjang di sawah, Pak?

Narasumber: Dapat.

Pewawancara: Oke, cukup, Pak, sekian dari saya. Makasih nih ya, Pak. Makasih banget. Di Universitas Islam Indonesia, Pak, di Jogja. Nggih. Takut merepotkan nggih, Pak.

Wawancara 3:

Pewawancara: Oke, nama Bapak siapa?

Narasumber: Siswanto.

Pewawancara: Umur berapa, Pak?

Narasumber: Lima puluh sembilan.

Pewawancara: Sudah berapa tahun Bapak bertani?

Narasumber: Kalau maksimalnya itu, sepuluh tahunan. Sepuluh tahun lebih, ya? Dari 2016.

Pewawancara: Lokasi pertanian Bapak di mana aja?

Narasumber: Di sini ada, saya kan banyak, di sini Lor Turi, terus di Teguhjajar. Terus di Suharjo ada tanahnya.

Pewawancara: Tiga, ya, Pak, ya. Terus kendala terbesar Bapak selama bertani ini apa ya, Pak? Dalam, dalam memantau lahan itu?

Narasumber: Memantau lahan? Terutama di sini, di Turi ini, rumput. Rumput yang luar biasa.

Pewawancara: Kalau kering gitu?

Narasumber: Kering kan ada *syibel*. Saya kan ada *syibel* tuh, punya *syibel*.

Pewawancara: Kalau memantau, memantau sawah itu Bapak tiap hari?

Narasumber: Setiap hari, pagi dan sore. Pagi dan sore. Aktivitas ya, aktivitas hari-hari ya pagi sore ke sawah.

Pewawancara: Oke, oke. Bapak kalau mantau, mantau cuaca, mantau suhu, sama kekeringan itu langsung ngecek ya, Pak, ya?

Narasumber: Langsung ngecek. Kan gini, kalau petani kan, bisa ngelihat kalau tanahnya tuh kekurangan air ya langsung di—kalau ada *syibel* langsung *syibel*, kalau ada air cukup ya irigasi. Yang jelas di sini Lor Turi itu air mencukupi.

Pewawancara: Mencukupi, ya, Pak?

Narasumber: Mencukupi. Kalau itu, apa, Sungai situ enggak ngalir berarti pakai pompa, kalau saya pakai *syibel* sendiri.

Pewawancara: Jadi saya tuh buat aplikasi Pak, sama ada sensornya buat *monitoring* suhu sama cahaya terus sama kelembaban tanah terus ada notifikasinya juga kalau suhunya terlalu dingin apa terlalu panas, terus tanahnya kering gitu. Jadi pemantauan Bapak kalau bisa diaplikasi itu menghemat Bapak apa enggak ya?

Narasumber: Ini kalau memantau cuaca, kalau petani itu mengikuti istilahnya itu alam. Itu kan tuh ilmu, ilmu *titen* lah, ilmu *titen*. Ini musim ini, musim apa, musim apa, musim apa, kan gitu. Kalau untuk memantau tanah itu sudah jadi dari BPR sendiri dah. Tiap, istilahnya tiap minggu tuh memantau tanahnya dengan alatnya sendiri. **Pewawancara:** Itu ada alatnya sendiri?

Narasumber: Ya. Jadi, maksudnya berapa, berapa, berapa itu ada semua. Sudah, BPR sudah kasih wawasan, dan ini kelembabannya, kekeringannya, pH-nya berapa itu dari BPR sudah turun tangan. Tidak perlu, di sini tidak perlu ada alat khusus untuk itu, kan enggak ada. Kalau pernah ada di situ ada yang, yang itu. Tapi BPR kasih petunjuk, petani sendiri juga ilmu *titen* tadi. Ilmu *mongso* lah orang Jawa.

Pewawancara: Kalau internet di sini stabil?

Narasumber: Stabil di sini.

Pewawancara: Kalau mungkin harapan Bapak kalau misalnya ada aplikasi itu, aplikasinya ini fungsinya untuk apa gitu, Pak?

Narasumber: Ya ini kan istilahnya kan tukang teknologi. Ngikutin cuaca segala macem. Tapi kalau untuk tani yang udah modern, udah wawasan itu ada baiknya, ada baiknya. Kalau petaninya masih gaya lama itu belum, belum bisa mengikuti. Itu kan generasi muda. Kalau yang teknologi kayak di pertanian di luar negeri, Jepang, Korea kan teknologinya lebih canggih, bisa dimanfaatkan untuk aplikasi itu. Sekarang kan di sini kan ada sekarang nyemprot itu pakai *drone* sudah mulai. Sudah mulai pakai itu. Sekarang kan untuk generasi muda kan jarang yang terjun ke sawah. Sekarang cari tenaga sudah sulit, sudah sulit, gitu.

Pewawancara: Mungkin langsung uji coba aplikasi sama sensornya. Coba lihat.

Sensornya? Mungkin ada sedikit melebihi alat saya. Jadi ini buat cahaya. Ini dalam, agak dalam, ya. Itu masih *casing* sementara. Coba lihat kayak apa ini sistem kerjanya. Oh ketika berfungsi. Jadi misal ditancepin di sini aja, nih?

Narasumber: Tancep di sini enggak apa-apa. Iya, tancep di sini. Cuma mau lihat sistem kerjanya.

Pewawancara: Ini Pak, jadi aplikasinya dari sini, Bapak bisa daftar. Misal nama Bapak tadi siapa? Siswanto, terus ini ada keamanan menggunakan *password*, mungkin Bapak yang gampang misal satu dua tiga, terus lokasinya Bapak? Bapak bisa matiin suhunya dulu di awal. Misalnya Bapak maunya suhu doang atau kelembaban tanah doang, apa semuanya. Nah ini aplikasinya Pak, ini ada sensor suhu, ada permukaan tanah, ada cahaya. Nah ini per enam puluh detik dia grafiknya berubah, Pak. Sensornya bergerak per enam puluh detik, dia mengambil sensor. Nah jadi ada tips misal kesimpulan dari situ, pakai cahaya terlalu kurang untuk menentukan tanah. Suhunya normal saat ini. Terus ada misalnya pemberitahuan, ada pemberitahuan gini Pak, misalnya tanah terlalu basah. Nanti mentoknya ada notifikasi yang itu. Bapak mau yang ini cuma misalnya menghemat baterai dari ini misalnya Bapak inginkan cuma kelembaban tanah, mengunci cuma kelembaban tanah. Jadi cukup. Jadi di sini aplikasinya cuma bisa mantau, jadi enggak ada aksi dari aplikasi ini gitu Pak, seperti nyalain air atau gimana gitu. Kalau buat Bapak kalau misalnya ada ramalan cuaca gitu? Menurut

Bapak gimana?

Narasumber: Ramalan cuaca? Ini kan kayak di rumah yang punya HP-HP gini kan ramalan cuaca tiap hari udah ada. Udah tahu, udah tahu, udah ada apa, ada apa, udah tahu semua. Di rumah kalau yang punya HP kayak ini, senior saya ini di rumah, wah ini cuaca ini gerimis, petir, apa, semua itu udah ada semua. Sekarang kan udah ada *high tech* kan udah masuk ke aplikasi HP semua. Ya kalau untuk sensor kayak ini, maaf nih, untuk petani sini belum bisa mengikuti. Soalnya mungkin tiap minggu kan dari pihak BPL kan datang. Jadi, tanah segala macam kalau ada hama apa itu udah dikasih tahu. Dinas Pertanian. Sekarang inisudah, teknologi sudah canggih, terus informasi sudah langsung disampaikan ke petani. Ini untuk taraf sekarang di Indonesia lah, kalau saya katakan tadi untuk negara maju sudah ada. Jadi irigasinya pakai *valve* semua. Tinggal buka *valve* untuk pengeringan, basahin itu udah ada aturannya semua, udah ngerti semua. Kalau sini kan masih monoton, irigasi, kalau kering ya di irigasi masukin, kalau musim kering ya tadi pompa atau *sibel*, kadang modelnya kan *sibel*.

Pewawancara: Mungkin pertanyaan setelah aplikasi ini Pak, tinggal Bapak jawabannya, kurang sama puas, ya Pak. Terus apakah Bapak merasa aplikasi ini mudah digunakan?

Narasumber: Sebetulnya mudah digunakan aplikasi ini, mudah digunakan. Kalau yang tahu teknologi sekarang lah, ya, itu kalau orang-orang tua yang lama-lama kemungkinan ya agak sulit bisa membaca. Kalau yang generasi sekarang ya kayak ini senior saya mungkin ya seratus persen bisa. Orangya ini kan pensiunan guru berarti kan tahu *high tech*.

Pewawancara: Terus Bapak merasa aplikasi ini rumit enggak digunakan sama petani? Rumit, ya Pak, ya, kalau sama petani sekarang?

Narasumber: Kalau petani sekarang yang orang-orang tua, ini rumit. Kalau yang generasi macam saya yang sudah tahu teknologi ya enggak rumit.

Pewawancara: Kalau fitur-fiturnya mudah dipahami, Pak?

Narasumber: Tahu.

Pewawancara: Terus informasi suhu tanah sama cahaya itu seberapa bermanfaat bagi petani?

Narasumber: Semua bermanfaat, Mas. Sekarang kalau musim panas, kurang panas kan untuk tanah enggak puas. Nanti jadinya kan ada penyakit. Kalau musim panas, petani senang. Ya pun airnya agak sulit, tapi senang panas daripada lembab begini.

Pewawancara: Kalau Bapak dari aplikasi ini butuh orang lain enggak buat ngasih tahu cara gunainnya? Butuh bantuan enggak?

Narasumber: Kalau udah pertama dikasih tahu ya tahu lah.

Pewawancara: Kalau dari teks dan lain-lain, Pak, ini sudah cukup apa belum?

Narasumber: Cukup.

Pewawancara: Besar kecilnya, seperti apa?

Narasumber: Pertama ada teknologi saya sudah pertama, Mas. Pertama ada laptop, ada internet ini saya sudah main duluan. Memang sekarang sudah tidak mau, sudah tua, sudah malas.

Pewawancara: Bapak percaya diri ya pakai aplikasi ini tanpa bantuan, percaya diri?

Narasumber: Percaya diri. Kan udah biasa dulu. Itu kan udah biasa pegang laptop, pegang komputer, udah biasa.

Pewawancara: Mungkin ini masa... Mungkin udah cukup, Pak. Iya makasih, ya. Makasih banget, Bapak.

Narasumber: Orang-orang belum punya HP sudah punya HP duluan, kok.

Wawancara 4:

Pewawancara: Kalau dulu, bagaimana cara Bapak mengelola sawah?

Narasumber: Kalau dulu itu asal-asalan.

Narasumber: Jadi intinya sekarang itu tanah dulu yang diperbaiki, bukan langsung ke tanamannya. Pemulihan tanah dulu yang penting.

Pewawancara: Maksudnya bagaimana, Pak?

Narasumber: Yang penting tanahnya. Jangan langsung ke tanamannya. Jadi buat melunturkan itu, kita harus pakai pupuk. Kalau saya biasanya pakai M53, nanti setelah jerami dibusukkan jadi pupuk, jadi asam humat. Jadi kita nggak usah beli asam humat lagi. Itu juga buat masalah jamur.

Narasumber: Dulu sebelum saya tahu dan belajar seperti ini, satu petak sawah itu biaya obat saja bisa sampai dua juta rupiah, belum yang lain-lain. Kalau ditotal bisa sampai enam juta. Tapi sekarang, Alhamdulillah, sudah jauh berkurang karena sudah belajar.

Pewawancara: Kalau menurut Bapak, apa yang paling penting dalam pertanian padi?

Narasumber: Kalau padi itu biar produktif, tanahnya dulu harus bagus. Banyak petani mikirnya biar tanamannya kelihatan hijau dan subur, tapi akhirnya susah di hasil. Padahal kalau tanahnya bagus, tanaman bisa produktif sendiri.

Pewawancara: Kalau misalnya ada aplikasi untuk memantau sawah Bapak, fitur apa yang kira-kira dibutuhkan?

Narasumber: Kalau sekarang ya cukup sensor-sensor itu saja.

Pewawancara: Sensor apa saja, Pak?

Narasumber: Sensor tanah, panas, sama cahaya.

Pewawancara: Jadi di aplikasi ini ada tiga sensor, yaitu sensor suhu, sensor cahaya, dan sensor kelembapan tanah. Data diperbarui setiap 60 detik. Jadi Bapak bisa tahu suhu sekarang berapa, kelembapan tanah berapa. Kalau tanahnya masih basah, mungkin sore Bapak tidak perlu ke sawah lagi.

Narasumber: Iya, itu sudah cukup membantu.

Pewawancara: Kalau dari aplikasi ini, apakah menurut Bapak mudah digunakan?

Narasumber: Mudah.

Pewawancara: Apakah menurut Bapak aplikasi ini rumit?

Narasumber: Tidak, tidak rumit.

Pewawancara: Apakah fitur-fiturnya mudah dipahami?

Narasumber: Mudah.

Pewawancara: Apakah ada bagian dari aplikasi yang membingungkan?

Narasumber: Tidak ada.

Pewawancara: Dari ketiga sensor ini, apakah semuanya cukup membantu?

Narasumber: Insya Allah cukup.

Pewawancara: Kalau misalnya ditambah sensor lain, menurut Bapak perlu tidak?

Narasumber: Kalau penyakit kan bisa dilihat langsung. Jadi sensor ini saja sudah cukup.

Pewawancara: Dari tampilan angkanya, apakah menurut Bapak mudah dibaca?

Narasumber: Cukup, Mas.

Pewawancara: Terakhir, apakah Bapak merasa percaya diri menggunakan aplikasi ini tanpa bantuan orang lain?

Narasumber: Iya, bisa.

Wawancara 5:

Pewawancara: Sebelumnya, boleh tahu nama Bapak?

Narasumber: Soekardi.

Pewawancara: Umur berapa, Pak?

Narasumber: 70 tahun.

Pewawancara: Sudah berapa lama Bapak bertani?

Narasumber: Kalau bertani itu sejak kecil.

Pewawancara: Lokasi sawah Bapak di sekitar sini ya?

Narasumber: Iya, satu daerah di sini.

Pewawancara: Kendala terbesar yang Bapak hadapi selama bertani apa?

Narasumber: Hama.

Pewawancara: Kalau kondisi lahannya sendiri, termasuk kering atau basah, Pak?

Narasumber: Ini termasuk lahan basah, biasanya memang basah.

Pewawancara: Dalam keseharian, apakah Bapak memantau sawah dengan datang langsung ke lokasi?

Narasumber: Iya, biasanya langsung ke sawah. Hampir setiap hari, kecuali kalau tidak ada kebutuhan mendesak.

Pewawancara: Apakah Bapak membawa handphone saat ke sawah?

Narasumber: Jarang. Bisa dibilang hampir tidak pernah.

Pewawancara: Jadi untuk koneksi internet di sawah juga jarang digunakan ya, Pak?

Narasumber: Iya, jarang sekali.

Pewawancara: Sekarang kita coba alat pemantauan ini, Pak. Di aplikasi ini ada sensor suhu, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya. Data diperbarui setiap 60 detik dan ditampilkan dalam bentuk grafik serta status kondisi.

Narasumber: Oh, ini berkaitan dengan sinar matahari ya.

Pewawancara: Iya, Pak. Saat ini kelembapan tanah terbaca sangat basah karena sawah sedang tergenang air. Intensitas cahaya sekitar 3.000 lux dan dikategorikan terang. Jika nilainya di bawah 5.000 lux akan dikategorikan redup.

Pewawancara: Menurut Bapak, apakah tampilan data seperti ini membantu?

Narasumber: Kalau untuk yang paham teknologi, tentu membantu. Tapi kalau seperti saya, sudah berumur, agak kesulitan.

Pewawancara: Menurut Bapak, apakah aplikasi seperti ini mudah digunakan oleh petani?

Narasumber: Kalau petani yang masih muda mungkin mudah. Tapi petani yang sudah tua seperti saya, apalagi yang pendidikannya rendah, agak sulit.

Narasumber: Pola berpikir petani itu berbeda-beda. Yang pendidikannya lebih tinggi biasanya lebih mudah menerima teknologi. Tapi yang dari kecil sudah bertani dan tidak terbiasa dengan handphone, ya kesulitan.

Pewawancara: Dari ketiga sensor ini, apakah semuanya membantu atau ada yang tidak perlu?

Narasumber: Semuanya membantu. Tapi kembali lagi, yang bisa mengoperasikan ya anak-anak atau petani yang paham teknologi.

Pewawancara: Kalau dari ukuran tulisan di aplikasi, apakah sudah cukup besar?

Narasumber: Kalau bagi saya pribadi kurang besar karena usia sudah 70 tahun. Tapi kalau untuk yang matanya normal, saya kira cukup.

Pewawancara: Kalau Bapak punya aplikasi ini sendiri, apakah Bapak percaya diri menggunakannya tanpa bantuan orang lain?

Narasumber: Kalau saya pribadi, masih kesulitan. Karena faktor umur dan memang tidak terbiasa. Saya sudah pensiun sekitar 10 tahun, dan dulu teknologi belum seperti sekarang.

Pewawancara: Secara keseluruhan, apakah Bapak merasa cukup puas dengan aplikasi ini?

Narasumber (Supardi): Ya, cukup lumayan.

Pewawancara: Baik Pak, terima kasih banyak atas waktunya.

Wawancara 6:

Pewawancara: Sebelumnya, Bapak namanya siapa?

Narasumber (Supardi): Supardi.

Pewawancara: Umurnya kalau boleh tahu?

Narasumber (Supardi): Lima delapan. Berapa? Lima delapan. Lima puluh delapan.

Pewawancara: Bapak sebelumnya kalau bertani sudah berapa tahun?

Narasumber (Supardi): Udah lama, udah dua puluhan tahun lebih.

Pewawancara: Udah dua puluhan tahun lebih. Untuk lokasi lahannya itu di desa mana ya, Pak?

Narasumber (Supardi): Di sebelah utara Mojosari.

Pewawancara: Sebelah utara Mojosari. Iya. Sebenarnya Bapak kalau semisal waktu bertani itu kendalanya apa ya?

Narasumber (Supardi): Kendalanya (tertawa kecil) hama tikus. Hama tikus.

Pewawancara: Terus kalau buat (suara berdehem) pemantauan kayak suhu dan lain-lain, Bapak aman?

Narasumber (Supardi): Aman. Aman.

Pewawancara: Berarti- Kalau saat ini tikus. Oh, saat ini tikus. Berarti, Bapak setiap hari ini ya datang ke sawah?

Narasumber (Supardi): Iya.

Pewawancara: Bapak sebelumnya kalau untuk masalah perubahan suhu, cahaya atau kelembaban tanah tuh kadang kesulitan apa enggak?

Narasumber (Supardi): Ya kadang kalau kekurangan air mas, musim kemarau itu sulit, airnya terus sulit. Tapi kalau masalah kelembaban tanah, masalah tanah itu enggak, enggak ada problem.

Pewawancara: Kalau Bapak untuk aplikasi itu sangat membutuhkan atau enggak ya, Pak? Jadi, kalau apa, ada aplikasi untuk pemantauan tanah suhu dan lain-lain secara langsung gitu, Bapak membutuhkan atau enggak?

Narasumber (Supardi): Ya, kalau, kalau ada yang lagi pembuatan sangat membutuhkan. Apalagi, Mas? Pertanyaannya ganti. Hah?

Pewawancara: Misal kalau untuk monitoring itu yang menurut Bapak paling penting apa Pak, selain hama?

Narasumber (Supardi): Ya, mungkin masalah, selain hama ya itu masalah kadar tanahnya itu loh, Mas. Oh, kadar tanah. Kadar tanah itu kan, ya, ya. (suara kicau burung)

Pewawancara: Untuk di sini lok, sinyalnya stabil gak ya, Pak?

Narasumber (Supardi): Stabil, stabil. (suara kicau burung) **Pewawancara:** Langsung tes (...) (jeda empat detik) Itu (...) (jeda empat detik) Alur-alurnya

(tertawa kecil). (berdehem) Eh, ini kita ada aplikasinya, Pak. Ini untuk daftar namanya, Pak siapa? Lokasi sawahnya di mana? Di sebelah utara Mojosari. Oh, Mojosari. Ini kita ada sensor suhu sama sensor kelembaban tanah sama sensor cahaya. Selesai. Iya. Nah, suhu saat ini bisa dipantau sekarang tiga puluh tiga derajat. Kelembabannya seratus persen nih. Nah, airnya masih ada. Terus, hasilnya terang di tiga puluh sembilan ribu. Nah, ini kalau normal semuanya nanti hijau. Tapi kalau, eh, ketika ada salah satu yang enggak normal nanti jadi merah. Terus muncul notifikasi gitu. Nah, saat ini kelembaban basah karena terlalu basah masih basah. Oh, masih basah ya? Iya. Kita gerakkan. Tiga puluh tiga derajat. Ini kalau untuk kontrol perangkatnya bisa dimatiin itu sensor yang. Ini bisa kelembaban aja yang dihidupin, kalau enggak salah. Ini terlalu terang muncul merah. Ini cukup dibuka aplikasinya. Gak ngerti. Ini ada pertanyaan untuk aplikasinya dicobanya. Terus, eh, Bapak merasa aplikasi tadi tuh mudah digunakan atau enggak?

Narasumber (Supardi): Apanya?

Pewawancara: Aplikasinya tadi, tadi ini Bapak paham, apa mudah dipahami enggak, Pak?

Narasumber (Supardi): Suhunya sekarang- Oh ya sudah, sudah.

Pewawancara: Oke. So, berarti puas apa cukup puas atau tidak puas?

Narasumber (Supardi): Puas.

Pewawancara: Puas ya. Terus rumit enggak Pak aplikasi ini?

Narasumber (Supardi): Enggak.

Pewawancara: Enggak rumit ya? Fitur-fiturnya mudah dipahami?

Narasumber (Supardi): Ya.

Pewawancara: Terus, hmmm, untuk sensor tadi sudah sesuai sama kondisi nyatanya enggak Pak, Bapak?

Narasumber (Supardi): Sensornya? Iya. Sudah.

Pewawancara: Sudah ya. Terus untuk tampilan teks tadi sama angka udah, udah jelas apa mereka kekecilan atau gimana, Pak?

Narasumber (Supardi): Sudah, sudah jelas. Sudah jelas.

Pewawancara: Hm, Bapak percaya diri enggak pakai aplikasi ini tanpa bantuan orang, orang lain gitu?
melintas)

Narasumber (Supardi): Percaya, percaya diri. Kalau boleh dibantu ya baik. (suara motor

Pewawancara: Mungkin cukup, Pak. Sudah cukup?

Narasumber (Supardi): Sudah cukup.

Pewawancara: Cukup.

Wawancara 7:

Pewawancara: (suara angin) Konvensional plus aplikasi. (berdenting) Fotoin ya.

Selanjutnya wawancara ya Pak. Eh, sebelumnya, nama Bapak siapa ya Pak?

Narasumber (ngadimin): Nama saya ngadimin.

Pewawancara: Untuk umurnya kalau boleh tahu?

Narasumber (ngadimin): Umur saya lima puluh empat tahun. Lima puluh empat tahun.

Pewawancara: Di sini Bapak udah lama bertani berapa tahun ya, Pak?

Narasumber (ngadimin): Bertani saya semenjak eh bersuami eh beristeri tahun sembilan sembilan. Tahun sembilan sembilan itu ya.

Pewawancara: Untuk lokasinya ada di mana Pak?

Narasumber (ngadimin): Lokasinya ada di desa Mojodayong. Desa Mojodayong.

Pewawancara: Ada di situ selatan Tegal Gedhe atau... Biasanya kalau Bapak saat bertani itu kendala terbesar apa ya Pak? Kayak semisal waktu Bapak di luar jadi nggak bisa melihat suhu udara kalau Bapak tanam di sini atau bagaimana Pak?

Narasumber (ngadimin): Kelembab-- eh kendala bagi petani pada umumnya itu tidak mengetahui kelembaban tanah, PH tanah itu tidak mengetahui petani konvensional itu kan petani yang sing penting tanih gitu ada pupuk, waktunya tanam, tanam, waktunya kita panen, panen gitu. Untuk kelembaban tanah dan pH tanah itu bagi kita masih awam ya.

Pewawancara: Berarti biasanya petani kalau semisal mantau kayak gitu lebih konvensional lebih manual ya Pak? Langsung datang?

Narasumber (ngadimin): Iya, mantau seperti itu kita tergantung pada anu-- alam, pada alam. Ketergantungan petani konvensional itu lebih pada alam bukan di teknologi. Kalau petani yang milenial barangkali kan punya teknologi. Kita di desa Mojodayong ini rata-rata petaninya adalah konvensional, tak terlalu punya.

Pewawancara: Kalau semisal ada aplikasi untuk memantau seperti ini, kira-kira dibutuhkan gak ya Pak untuk petani di sini?

Narasumber (ngadimin): Itu akan lebih bagus, lebih bagus karena kita tahu pH tanah, tahu kelembaban tanah, terus tahu eh pupuk yang dibutuhkan. Kalau itu ada lebih bagus.

Barangkali nanti bisa bekerja sama dengan pemerintah desa atau kelompok tani bahkan gabungan kita stakeholder yang ada PPL barangkali. (suara motor)

Pewawancara: Kalau untuk fitur Pak, untuk fitur yang paling bisa dipakai apa ya Pak? Apakah untuk kelembaban tanah atau hama atau apa Pak?

Narasumber (ngadimin): Untuk fitur yang, yang baik di pertanian di desa Mojodayong ini untuk anu nopo PH tanah dan untuk hama. Kalau kelembaban ini, kelembaban kita itu tergantung pada musim o Mas. Kalau musim hujan seperti ini kan tanah lembab. Untuk deteksi hama, yang terpenting.

Pewawancara: Kalau untuk di sini le-- apa, sinyal internetnya stabil gak ya, Pak?**Narasumber (ngadimin):** Sinyal internet stabil untuk Desa Mojodayong, untuk wilayah kita.

(suara motor)

Pewawancara: Ini kan udah ada aplikasinya Pak. Iya. Nah, jadi tampilan awalnya seperti ini nanti Bapak bisa eh pilih daftar atau masuk, kalau belum punya kan Bapak daftar. Nah, tadi Bapak namanya?

Narasumber (ngadimin): ngadimin.

Pewawancara: Di sini ya (menepuk tangan) Sawahnya di Mojodayong ya, Pak?

Narasumber (ngadimin): Iya, di tepatnya di selatan gugus tegal itu.

Pewawancara: Jadi setelah tadi Bapak daftar atau masuk nanti di sini tuh ada kontrol sensor, kan karena-- di sini kan ada sensor cahaya, suhu, sama kelembaban tanah. Di sini Bapak bisa milih mana yang mau diaktifkan mana yang enggak. Kalau semisal mau diaktifkan semua, Bapak bisa langsung lanjut ke beranda. Nah, di sini kan sudah ada keluar semua Pak, sudah ada suhu udara. Suhu udara saat ini dua tujuh koma sembilan derajat. Ada di sini, di situ ada grafikan juga. Jadi, dari grafik ini Bapak bisa melihat yang kemarin-kemarin seperti apa. Di sini kan kelembaban tanahnya seratus persen karena kan masih basah, sangat basah, berair. Ada transparansi juga. Kemudian di sini ada intensitas cahaya, yang atas ini. Ini sebenarnya untuk cahaya matahari, di sini terhitung bis dua ribu flux, seratus enam puluh lima. Kemudian kalau semisal di sini ada yang tidak normal seperti suhunya terlalu panas atau cahayanya terlalu panas itu nanti di sini ada muncul notifikasi

Pak. Panas luar biasa atau apa, terus nanti di sini juga akan berubah jadi merah, seperti ini. Terus kalau Bapak tadi ada mau nontrol perangkat mau dihilangin satu atau dua seperti ini, nanti hanya keluar salah satu aja. Kalau aktif semua?

Narasumber (ngadimin): Iya, muncul semua.

Pewawancara: Jadi sensornya nanti on semua. Smart farm, petani yang cerdas. Iya. Terus untuk aplikasi tadi kan ada pertanyaan lagi Pak dalam wawancara. Menurut Bapak aplikasi tadi itu mudah digunakan atau enggak dalam skala satu sampai lima?

Narasumber (ngadimin): Untuk petani yang smart, bukan petani yang konvensional ya. Itu bermanfaat, mudah untuk dioperasikan karena eh zaman sekarang kan kita harus melek teknologi, melek IT siapapun itu walaupun yo sudah usia enam puluh, lima puluh ke atas tapi sekarang kan smartphone semua, barangkali mudah itu untuk dioperasikan.

Pewawancara: Berarti untuk skalanya lima per lima ya, Pak?

Narasumber (ngadimin): Iya.

Pewawancara: Kemudian eh aplikasi tadi itu terlalu rumit gak Pak untuk digunakan?

Narasumber (ngadimin): Gak, gak. Menurut saya tidak, karena bisa begitu membuka bisa mengetahui semuanya.

Pewawancara: Untuk fitur-fitur yang ada di aplikasi tadi, aplikasi tadi mudah dipahami atau tidak Pak?

Narasumber (ngadimin): Mudah dipahami. Di era sekarang loh ya, di era sekarang, di era digital aplikasi itu mudah untuk dipahami karena sudah connect.

Pewawancara: Kalau Bapak menggunakan aplikasi tadi itu Bapak percaya diri nggak? Jadi tidak membutuhkan orang lain untuk mencoba, untuk belajar.

Narasumber (ngadimin): Untuk tahap pertama, kedua barangkali kita masih butuh orang lain setelah kita paham yo bisa sendiri lah.

Pewawancara: Untuk di tampilan tadi kan ada ukuran teks dengan lain Pak, menurut Bapak ini sudah pas atau kekecilan atau kebesaran gitu?

Narasumber (ngadimin): Kalau di usia anak-anak yang di bawah empat puluh, petani-petani sekarang kan banyak petani yang milenial petani-petani yang cerdas itu kan, itu tampilan ini bisa dibaca tapi untuk orang yang lima puluh ke atas barangkali (suara motor melintas) ya kita nanti menyesuaikan lah. nek wis tuwek yo nganggo kaca mata kan. Pada dasarnya udah bagus, karakter hurufnya tah itu maksud e, besar-- kalau huruf tingkai ya udah bisa dibaca. Toh, bisa di HP itu nanti kan bisa diperbesar bisa diperkecil kan, bisa.

Pewawancara: Sudah Pak, cukup?

Narasumber (ngadimin): Ya, cukup.

Pewawancara: Makasih Pak.

Narasumber (ngadimin): Oke.