



Sistem Pemantauan Kelembapan Tanah Tanaman dan Kelembapan Udara Berasaskan IoT

IoT Based-Plant Soil Moisture and Humidity Monitoring System

Aishah Madihah Ab Hafiz¹, Mohamad Aizi Selamat^{1*}

¹ *Fakulti Sains Komputer dan Teknologi Maklumat,
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Parit Raja, Batu Pahat, 86400, MALAYSIA*

*Pengarang Utama: aizi@uthm.edu.my

DOI: <https://doi.org/10.30880/aitcs.2025.06.01.085>

Maklumat Artikel

Diserah: 13 Jun 2024
Diterima: 8 Mei 2025
Diterbitkan: 30 Jun 2025

Kata Kunci

Sistem pemantauan tanah, kelembapan, suhu, berorientasikan objek

Abstrak

Ekonomi Malaysia sentiasa tertumpu kebanyakannya kepada sektor pertanian dan berkaitan pertanian. Namun begitu, di sebalik kelebihan, teknologi moden masih belum digunakan secara meluas. Maklumat mengenai pemantauan keadaan tanah tanaman menjadi tumpuan kajian. Penjagaan tanah tanaman penting untuk membantu mengekalkan kesuburan tanaman. Satu cadangan sistem pemantauan kelembapan tanah tanaman dan kelembapan udara secara automatik menggunakan teknologi IoT iaitu ESP32 dan dua jenis sensor iaitu Soil Moisture akan dibangunkan dalam projek ini untuk mengatasi masalah seperti kelembapan tanah secara manual. Sistem ini direka bentuk menggunakan pendekatan berorientasikan objek. Kaedah yang digunakan untuk membangunkan sistem ini ialah metodologi Prototaip. Sistem ini akan dibina dengan menggunakan teknologi Flutter manakala perisian penstoran data menggunakan *Google Firebase*. Penemuan utama menunjukkan bahawa sistem ini mampu mengurangkan sebarang kerugian dan kerosakan tumbuhan. Pembangunan sistem ini dapat membantu pemilik dan petani untuk menghasilkan lebih banyak hasil tanaman yang berkualiti dan boleh meningkatkan jualan mereka secara berturut-turut.

Keywords

Soil monitoring system, moisture, temperature, object-oriented

Abstract

The economy of Malaysia has always been predominantly focused on the agricultural sector and related activities. However, modern technology has not been widely adopted. Information regarding the monitoring of soil conditions for crops is the purpose of the project. Taking care of the soil is crucial to help maintain plant fertility. A monitoring system for soil moisture and humidity using IoT technology, specifically ESP32 and two sensor, Soil Moisture v1.2 Sensor and DHT11, will be developed in this project to address problems such as manually measuring soil moisture. The system is designed using an object-oriented approach, and the methodology used for its development is the Prototyping methodology. The system will be built using Flutter technology, while data storage



software will utilize in Google Firebase. Key findings indicate that this system can reduce any plant losses and damages. The development of this system can assist farmers in producing more high-quality crops.

1. Pengenalan

Tanah merupakan bahan semula jadi atau sintetik yang digunakan untuk menanam tumbuhan. Tanah terdiri daripada gabungan mineral, bahan organik, air dan udara. Selain itu, tanah tanaman juga diperbuat daripada lumpur, pasir dan tanah liat dalam lebih daripada satu bahagian. Tanah tanaman membekalkan kestabilan, nutrien dan air yang mencukupi kepada tumbuhan untuk terus membesar dan berkembang. Terdapat banyak jenis tanah yang boleh digunakan untuk menanam tumbuhan. Namun begitu, penjagaan tanah tanaman perlu dititik beratkan bagi membantu mengekalkan kesuburan dan kelembapan tanah serta suhu persekitaran yang baik. Hal demikian kerana kelembapan tanah yang baik boleh menghasilkan tumbuhan yang subur dan sihat serta dapat mengekalkan kesihatan tumbuhan dan nutrien yang dihasilkan dengan baik.

Kajian kes telah dijalankan di Rose Cili Farm yang merupakan ladang tanaman cili yang terletak di Pasir Mas, Kota Bharu, Kelantan. Rose Cili Farm menggunakan kaedah manual untuk mengawal keadaan tanah tanaman mereka. Terdapat beberapa isu daripada kaedah sedia ada yang digunakan oleh petani untuk mengawal kelembapan tanah dan kelembapan udara. Antaranya ialah petani perlu melakukan proses mengukur kelembapan tanah menggunakan tensiometer. Hal ini boleh menyebabkan proses yang digunakan mengambil masa yang lama untuk mengetahui keputusan yang diperolehi iaitu selama 24 jam. Selain itu, petani menggunakan kaedah manual untuk memantau kelembapan tanah terutamanya di kawasan yang luas. Hal demikian boleh menyebabkan pembaziran masa dan tenaga yang digunakan kerana perlu mengambil masa yang lama untuk mengesan satu per satu tanah di kawasan yang luas. Isu seterusnya ialah tidak dapat mengetahui dengan segera dan tepat apabila kelembapan tanah dan suhu persekitaran berada di luar julat yang diperlukan. Oleh itu, tumbuhan yang ditanam tidak segar kerana tanah yang digunakan tidak dapat menghasilkan nutrien kepada tumbuhan.

Oleh itu, sistem yang sistematis telah dicadangkan untuk memantau kelembapan tanah dan kelembapan udara serta suhu persekitaran secara automatik dan dapat mengatasi masalah yang dihadapi oleh petani. Sistem ini akan menggunakan teknologi Arduino dan dua jenis sensor untuk mengenalpasti keadaan tanah tanaman. Selain itu, sistem ini akan menyediakan sistem yang berasaskan aplikasi yang menghubungkan dengan sensor dan pangkalan data bagi menyimpan bacaan sensor setiap hari. Sistem ini juga mempunyai beberapa modul utama yang menyokong pelaksanaan proses dan projek tersebut seperti modul pendaftaran dan log masuk, modul notifikasi, modul pemantauan, modul pangkalan data, dan modul laporan.

Artikel ini mengandungi lima bahagian. Bahagian pertama menerangkan tentang pengenalan kepada konteks projek. Bahagian kedua ialah menerangkan tentang analisis kerja yang berkaitan. Dalam bahagian ketiga pula, metodologi kajian dijelaskan. Pelaksanaan dan pengujian sistem ini diterangkan dalam bahagian keempat. Pada bahagian terakhir iaitu bahagian kelima pula, kesimpulan dan beberapa cadangan untuk penambahbaikan pada sistem pada masa akan datang diberikan.

2. Kajian Literatur

Secara umumnya, tanah dirujukkan kepada sesuatu permukaan yang longgar dan tidak rapat pada permukaan bumi dan bulan sebagai akibat daripada pemecahan batu-batu keras semasa proses luluhawa. Kebanyakan manusia apabila difikirkan tentang tanah, lebih dirujukkan kepada bahan yang lembab yang memberikan sokongan dan bekalan kepada tumbuhan-tumbuhan. Hal ini jika dinyatakan kepada bentuk yang lebih umum bukan sahaja termasuk keadaan tanah yang telah sedia maklum malah turut melibatkan batu-batuan, air, salji dan juga udara iaitu benda-benda yang mampu memberikan sokongan kepada pertumbuhan tumbuh-tumbuhan [1]. Petani contohnya, sudah pasti mempunyai pemahaman yang praktikal terhadap konsep tanah yang juga menyatakan tanah sebagai medium untuk tumbuhan [2].

Tanah merupakan elemen penting untuk memastikan tanaman hidup subur dan segar. Namun, tanaman agak sukar untuk memilih tanah yang sesuai dan serasi mengikut jenis tanaman yang berbeza. Tanah yang mempunyai kurang atau lebih sesuatu elemen seperti air atau alkali boleh memberi pengaruh besar terhadap pokok tanaman tersebut. Terdapat beberapa jenis tanah tanaman yang digunakan oleh petani seperti tanah, pasir, tanah bakar, tanah merah dan tanah campuran sebut dan najis.

Kelembapan tanah adalah air mengisi sebahagian atau semua liang tanah yang berada di atas paras air. Definisi yang lain menyatakan bahawa kelembapan tanah menyatakan jumlah air yang disimpan di dalam tanah. Kelembapan tanah sangat penting kerana penyejatan berlaku melalui permukaan tanah [3]. Kandungan air tanah dinyatakan dalam peratus isipadu iaitu peratusan isipadu air kepada isipadu tanah. Kaedah ini mampu memberikan gambaran tentang ketersediaan air untuk tumbuhan dalam jumlah tanah tertentu. Kelembapan tanah boleh diukur menggunakan meter kelembapan tanah atau dilakukan menggunakan pengiraan manual. Kelembapan tanah sangat dinamik disebabkan oleh penyejatan melalui permukaan tanah, transpirasi dan penyerapan [4]. Selain itu, kelembapan tanah memainkan peranan penting untuk kerajaan mengetahui maklumat

seperti potensi aliran permukaan dan kawalan banjir, hakisan tanah dan kegagalan cerun, pengurusan sumber air, geoteknikal dan kualiti air [5]. Faktor yang menentukan kelembapan tanah adalah hujan, jenis tanah, dan kadar kesejatan, dimana kelembapan tanah akan menentukan ketersediaan air dalam tanah untuk pertumbuhan tumbuhan [6].

Suhu dan kelembapan udara di persekitaran tanaman adalah sangat penting dari segi kesuburan tumbuhan. Suhu dan kelembapan udara hendaklah sentiasa dipantau kerana suhu dan kelembapan udara yang tidak stabil boleh menyebabkan tanaman layu dan mudah dijangkiti penyakit yang boleh membawa kepada pertumbuhan yang tidak baik dan terbantut. Selain itu, kelembapan udara merupakan jumlah kandungan air yang berada di udara. Kandungan air yang berada di udara bergantung kepada suhu persekitaran. Kelembapan udara dan tanah, suhu udara dan tanah merupakan komponen yang sangat mempengaruhi pertumbuhan tanaman yang optimum dan subur [7]. Bacaan suhu yang optimum bagi pertumbuhan ialah 23°C hingga 30°C manakala bacaan kelembapan udara perlu lah kurang dari 40% [8]. Hal demikian kerana tumbuhan sangat sensitive terhadap perubahan suhu dan kelembapan udara yang berlaku secara mendadak.

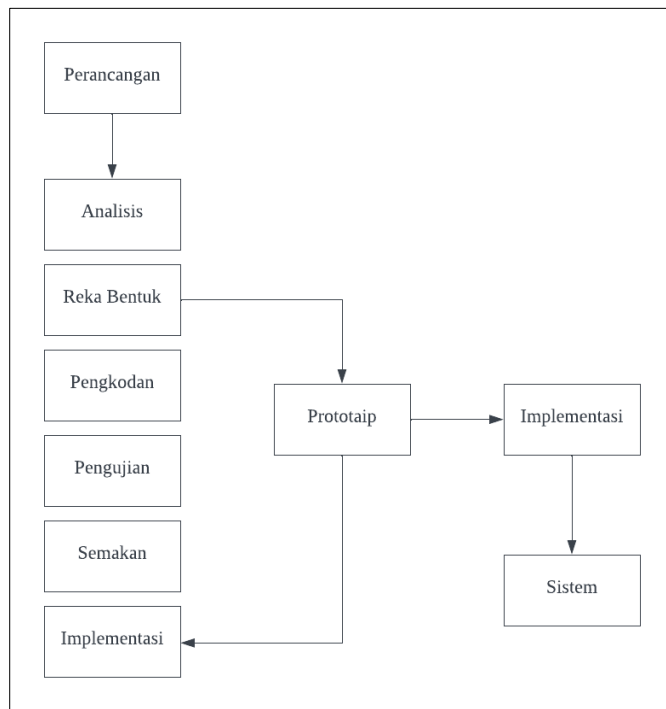
Untuk mengkaji fungsi sistem yang dicadangkan, perbandingan telah dibuat antara sistem yang dicadangkan dengan tiga sistem sedia ada. Tiga sistem sedia ada telah dipilih untuk membuat perbandingan antara sistem yang dicadangkan supaya sistem ini dapat menyumbang dalam penambahbaikan sistem pemantauan tanah tanaman yang dicadangkan pada masa hadapan. Pembangunan sistem yang dicadangkan akan berdasarkan kajian yang dilakukan terhadap sistem sedia ada. Jadual 1 menunjukkan ringkasan dapatan kajian perbandingan sistem sedia ada.

Jadual 1 Perbandingan Sistem

Aplikasi / Sistem	Automatic Plant Monitoring System	Gardroid Application	Garden Tags Application	Sistem Pemantauan Kelembapan Tanah Tanaman dan Kelembapan Udara
Log Masuk	X	√	√	√
Aplikasi Mudah Alih	X	√	√	√
Mengesan bacaan kelembapan tanah dan suhu persekitaran	X	X	X	√
Mengesan bacaan kelembapan tanah	√	X	X	√
Memaparkan data sensor	X	X	X	√
Notifikasi	X	√	√	√
Pangkalan Data	X	√	√	√
Penghasilan Laporan	X	X	X	√

3. Metodologi

Metodologi yang digunakan untuk membangunkan sistem yang dicadangkan ialah prototaip. Model prototaip ialah kaedah pembangunan sistem yang menggunakan prototaip untuk membina, menguji dan mengolah semula mengikut keperluan sistem sehingga hasil yang boleh diterima dan dicapai. Terdapat beberapa fasa di dalam model prototaip iaitu fasa perancangan, fasa analisis, fasa reka bentuk, fasa pengekodan, fasa pengujian, fasa semakan dan fasa implementasi. Rajah 1 menunjukkan fasa-fasa pembangunan sistem bagi model pembangunan prototaip.



Rajah 1 Model Pembangunan Prototaip

Fasa pertama ialah fasa perancangan yang bermula dengan menulis dan menghantar proposal yang mengandungi semua maklumat yang dikumpul mengenai projek ini serta maklumat yang dikenal pasti seperti pernyataan masalah, objektif, skop, hasil yang dijangka dan keperluan sistem yang akan dibangunkan. Fasa yang kedua ialah fasa analisis. Fasa ini menerangkan analisis yang dilakukan dalam pembangunan sesebuah sistem. Fasa ketiga ialah fasa reka bentuk. Fasa ini mengandungi proses mereka bentuk seni bina sistem, antara muka pengguna dan pangkalan data sistem. Fasa yang keempat ialah fasa pengkodan di mana sistem akan diaturcakan menggunakan maklumat yang dikumpul melalui fasa analisis dan reka bentuk sistem. Fasa kelima ialah fasa pengujian dilakukan untuk mendapatkan penilaian daripada pengguna dan mendapat maklum balas selepas pengujian dilakukan ke atas sistem yang dibangunkan. Fasa keenam ialah fasa semakan di mana fasa ini akan dijalankan dengan pengguna yang diuji dengan memberi maklum balas dan cadangan terhadap sistem prototaip. Fasa terakhir ialah fasa pelaksanaan dimulakan serentak bersama fasa analisa dan fasa rekabentuk untuk menyiapkan prototaip sistem.

Jadual 2 menunjukkan ringkasan bagi aliran kerja dan aktiviti fasa-fasa pembangunan sistem yang dijalankan untuk membangunkan Sistem Pemantauan Kelembapan Tanah Tanaman dan Kelembapan Udara.

Jadual 2 Aliran Kerja dan Aktiviti Pembangunan

Fasa	Aktiviti	Hasil
Perancangan	Mengenalpasti pernyataan masalah, objektif dan skop	Proposal Carta Gantt
Analisis	Mengumpul dan mengenalpasti keperluan	Keperluan sistem Rajah UML Rajah Kelas Rajah Carta Alir
Reka Bentuk	Merekabentuk antara muka sistem dan pangkalan data. Merekabentuk prototaip dan keperluannya.	Antara muka pengguna sistem Seni bina sistem dan aplikasi Sistem prototaip Seni bina pangkalan data
Pengaturcaraan	Membangunkan sistem prototaip berdasarkan fasa sebelumnya	Sistem prototaip
Pengujian Semakan	Membenarkan pengguna menguji prototaip	Laporan pengujian Maklum balas dan cadangan
Implementasi	Membangunkan versi akhir sistem, membenarkan pengguna mengujinya dan memberikan keputusan muktamad terhadap sistem.	Laporan lengkap Sistem yang berfungsi dengan lengkap

3.1 Fasa Analisis dan Reka Bentuk

Analisis keperluan sistem melibatkan proses untuk memulakan hasil prospek pengguna daripada Sistem Pemantauan Kelembapan Tanah Tanaman dan Kelembapan Udara. Selain itu, analisis keperluan sistem terbahagi kepada dua kategori iaitu keperluan berfungsi dan keperluan tidak berfungsi. Analisis keperluan sistem termasuk keperluan berfungsi dan tidak berfungsi, keperluan pengguna dan keperluan sistem. Jadual 3 menunjukkan keperluan berfungsi bagi sistem yang dicadangkan. Keperluan berfungsi menerangkan sistem perisian atau komponennya.

Jadual 3 Keperluan berfungsi

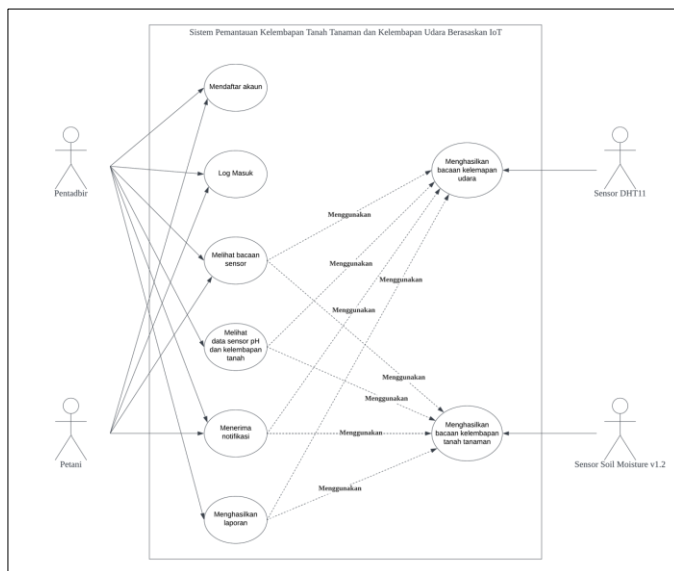
Bil	Modul	Penerangan
1	Daftar Masuk Dan Log Masuk	<ul style="list-style-type: none"> Sistem membenarkan pengguna baru mendaftar masuk aplikasi. Sistem membenarkan pengguna log masuk ke dalam aplikasi menggunakan ID dan kata laluan. Pengguna yang sah akan dihantar ke laman utama selepas log masuk berjaya.
2	Notifikasi	<ul style="list-style-type: none"> Sistem membenarkan pengguna menerima notifikasi melalui telefon pintar.
3	Pangkalan Data	<ul style="list-style-type: none"> Sistem membenarkan pengguna melihat bacaan kelembapan tanah, kelembapan udara dan suhu persekitaran. Sistem membenarkan pengguna merekod keadaan tanah tanaman. Sistem membenarkan simpan data yang diperolehi.
4	Pemantauan	<ul style="list-style-type: none"> Pentadbir dapat memantau maklumat tentang keadaan tanah. Sistem membenarkan paparan maklumat yang diperolehi.
5	Laporan	<ul style="list-style-type: none"> Sistem membenarkan pentadbir menjana laporan mengenai data yang direkodkan melalui kelembapan tanah dan kelembapan udara serta suhu persekitaran

Keperluan tidak berfungsi ialah keperluan yang menentukan kriteria yang boleh digunakan untuk menilai pengendalian sistem. Selain itu, keperluan tidak berfungsi juga menunjukkan bagaimana sistem tersebut seharusnya berlaku. Keperluan tidak berfungsi tidak menjejaskan kefungsi asas sistem sekiranya tidak dipenuhi, malah sistem akan tetap melaksanakan tujuan asasnya. Jadual 4 menunjukkan keperluan tidak berfungsi bagi sistem yang dicadangkan.

Jadual 4 Keperluan tidak berfungsi

Bil	Keperluan	Penerangan
1	Perlaksanaan	Sistem hendaklah sentiasa berfungsi dan mampu memaparkan kesemua modul untuk kegunaan pengguna.
2	Operasi	Sistem ini mampu memberikan maklumat tentang kualiti tanah pada masa nyata kepada pengguna dan mendapay notifikasi apabila kualiti tanah tidak baik
3	Keselamatan	Sistem hendaklah mesra pengguna dan mampu menyimpan data pengguna dengan selamat.
4	Budaya dan Politik	Sistem hendaklah mampu dimuat turun ke setiap telefon pintar.

Analisis sistem menerangkan keseluruhan struktur atau aliran sistem termasuk fungsi sistem. Selain itu, ia akan mengurangkan jurang antara keperluan dan sistem yang dicadangkan. Ia juga memindahkan kefungsi sistem yang dicadangkan ke dalam rajah grafik mengikut keperluan khususnya. Seterusnya, bahagian ini juga menerangkan tentang reka bentuk sistem yang dicadangkan. Konsep berorientasikan objek digunakan di dalam Sistem Pemantauan Kelembapan Tanah Tanaman dan Kelembapan Udara untuk menghasilkan gambar rajah UML iaitu rajah kes guna, rajah aktiviti dan rajah jujukan. Konsep ini juga digunakan untuk memudahkan proses mengesan dan menyelesaikan masalah pada fasa penyelenggaraan. Rajah 2 menunjukkan rajah kes guna sistem pemantauan kelembapan tanah tanaman dan kelembapan udara.



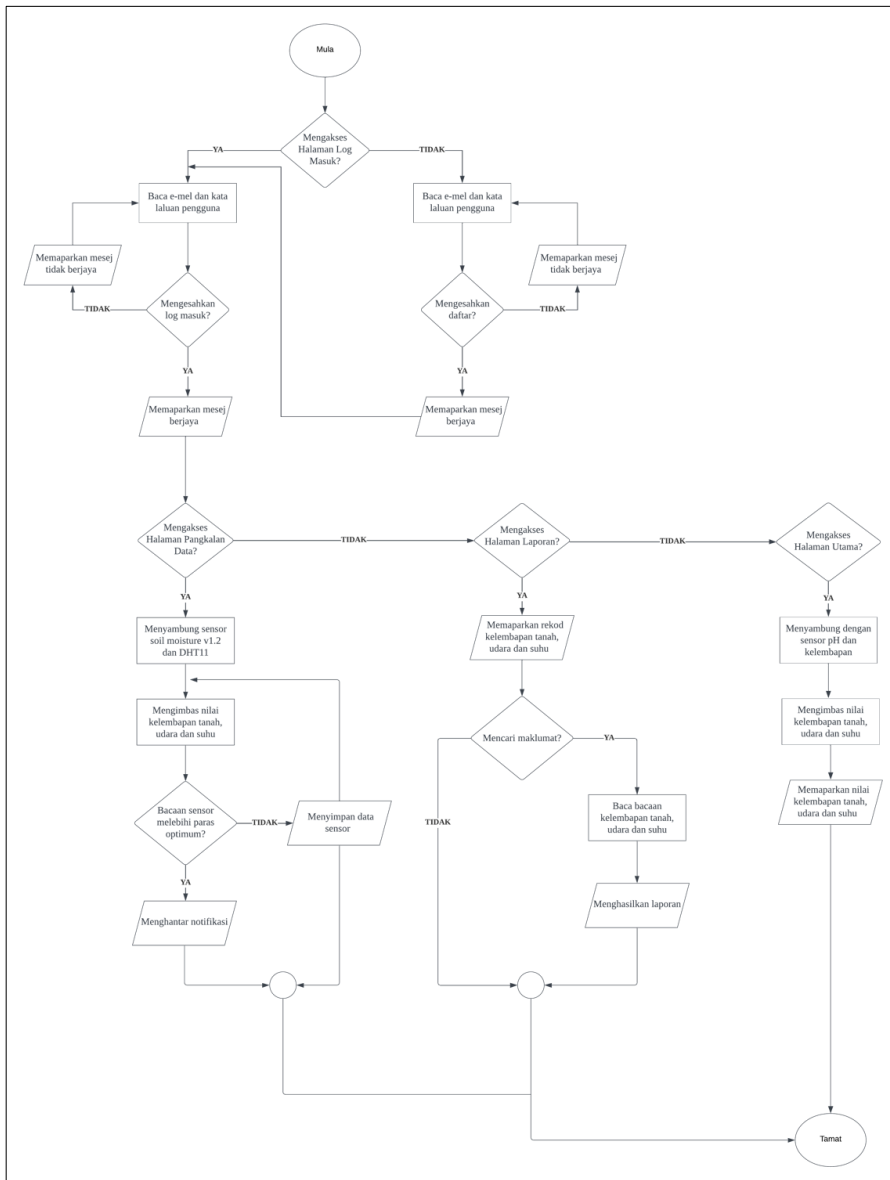
Rajah 2 Gambar Rajah Kes Guna

Gambar rajah kelas digunakan untuk pemodelan konsep umum struktur sistem dan pemodelan terperinci, menterjemah model ke dalam kod pengaturcaraan. Gambar rajah kelas juga boleh digunakan untuk pemodelan data. Setiap kes guna ini berkait antara satu sama lain di mana pengguna dapat mengakses kepada kes guna tersebut. Rajah 3 menunjukkan gambar rajah kelas bagi sistem yang dicadangkan.



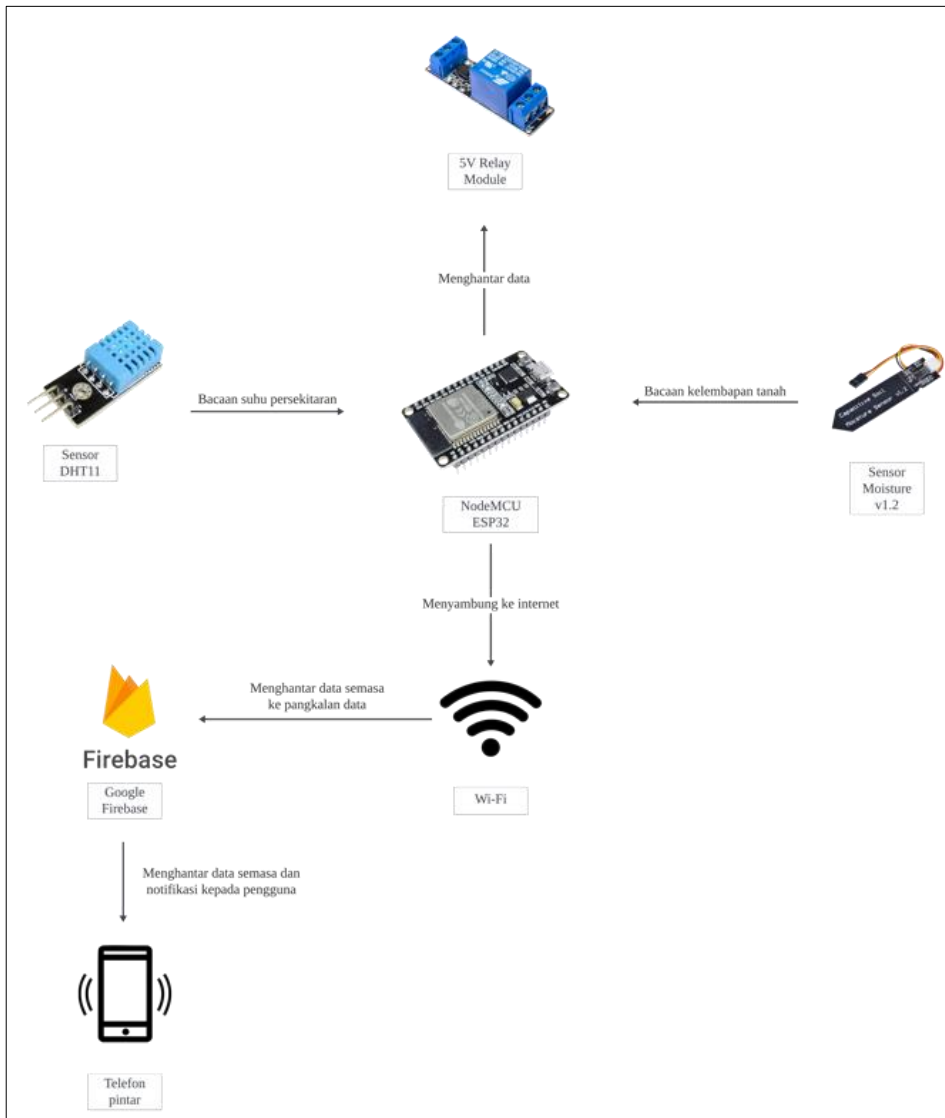
Rajah 3 Gambar Rajah Kelas

Selain itu, carta alir merupakan satu cara untuk memaparkan bagaimana data mengalir di dalam sistem tersebut. Sistem Pemantauan Kelembapan Tanah Tanaman dan Kelembapan Udara terdapat beberapa carta alir yang diperkenalkan. Rajah 4 menunjukkan lakaran carta alir yang mengandungi semua modul dan operasi yang terlibat.



Rajah 4 Gambar Rajah Carta Alir

Seni bina sistem ialah model konseptual yang mentakrifkan struktur, tingkah laku serta pandangan sistem yang dicadangkan. Seni bina pula ialah penerangan rasmi tentang ilustrasi perjalanan aplikasi Sistem Pemantauan Kelembapan Tanah Tanaman dan Kelembapan Udara. Dua sensor yang disambungkan bersama NodeMCU ESP32. Rajah 5 menunjukkan seni bina sistem bagi sistem yang dicadangkan.



Rajah 5 Gambar Rajah Seni Bina

Skema pangkalan data ialah koleksi metadata yang menerangkan hubungan antara objek dan maklumat dalam pangkalan data. Jadual skema merupakan satu set atribut yang mengandungi nama jadual. Di bawah menunjukkan jadual skema untuk jadual pangkalan data bagi sistem pemantauan kelembapan tanah tanaman dan kelembapan udara.

- i. Petani (PK_ID, NAMA, KATALALUAN, EMAIL)
- ii. Pentadbir (PK_ID, KATALALUAN, EMAIL)
- iii. Sensor (PK_ID, NILAIBACAANKELEMBAPANANTANAH, NILAIBACAANKELEMBAPANUDARA, NILAIBACAANSUHU, TARIKH)

Reka bentuk antara muka menerangkan tentang reka bentuk untuk aplikasi Sistem Pemantauan Kelembapan Tanah Tanaman dan Kelembapan Udara seperti log masuk, pendaftaran dan papan pemuka. Pereka bentuk antara muka pengguna yang baik harus berusaha untuk mengurangkan kerumitan perisian dan menyediakan persekitaran yang mudah, cekap dan menarik untuk digunakan. Kesemua reka bentuk ditunjukkan di dalam bentuk papir bingkai wayar (*wireframe*).

4. Perbincangan dan Hasil

Fasa implementasi dan pengujian merupakan fasa di mana sistem prototaip dan aplikasi dibangunkan. Pembangunan kod aturcara, pembinaan antara muka dan pengujian kepada pengguna terhadap sistem yang dibangunkan dijalankan pada fasa implementasi dan pengujian. Antara pengujian yang dijalankan ialah pengujian terhadap kefungsan sistem dan aplikasi untuk memastikan sistem yang dibangunkan memenuhi keperluan pengguna dan menambah baik pada masa akan datang. Aplikasi Sistem Pemantauan Kelembapan Tanah Tanaman dan Kelembapan Udara dibangunkan dengan mempunyai lima modul utama iaitu modul log masuk dan daftar akaun, modul pemantauan tanah, modul notifikasi, modul pangkalan data, dan modul penghasilan laporan. Pengujian ini telah dilakukan terhadap petani dan pentadbir.

4.1 Implementasi dan Hasil

Pengaturcaraan dan pembinaan antara muka dilaksanakan mengikut perancangan di fasa analisis dan reka bentuk. Implementasi sistem dibangunkan dengan menggunakan platform *Microsoft Visual Studio Code* dan *Flutter* dengan menggunakan bahasa pengaturcaraan Dart dan *Arduino IDE* digunakan untuk menjalankan proses pengkodan peranti dan sensor dengan menggunakan bahasa pengaturcaraan jenis C++. Selain itu, sistem ini menggunakan *Google Firebase* sebagai pangkalan data untuk menyimpan data sensor. Rajah 6 menunjukkan keratan aturcara yang digunakan untuk membangunkan sistem.

```
3 class AuthService{
4
5     // creating a new account
6     static Future<String> createAccountWithEmail(
7     String email, String password) async {
8         try {
9             await FirebaseAuth.instance
10            .createUserWithEmailAndPassword(email: email, password: password);
11            return "Account Created";
12        } on FirebaseAuthException catch (e) {
13            return e.message.toString();
14        } catch (e) {
15            return e.toString();
16        }
17    }
}
```

(a)

```

iot_smart_garden.ino
1  #include <WiFi.h>
2  #include <HTTPClient.h>
3  #include "DHT.h"
4
5  /* DHT11 config */
6  #include "DHT.h"
7  #define DHTPIN 13
8  #define DHTTYPE DHT11
9  DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
10
11 /* Wifi config */
12 #define WIFI_SSID "aishah"
13 #define WIFI_PASSWORD "aishah12345"
14
15 /* Firebase config */
16 const char* FIREBASE_PROJECT_ID = "appsystem-5d50b";
17 const char* FIREBASE_API_KEY = "AIzaSyDqC72X5qgUhtDPNhbzYVB8Vy-1k10oViQ";
18 const char* FIREBASE_COLLECTION = "sensorData";

```

(b)

```

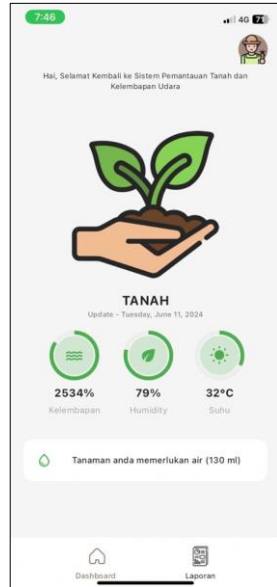
50 void loop() {
51   /* Read DHT11 input or dht.readTemperature(true) for Fahrenheit */
52   float humidity = dht.readHumidity();
53   float temperature = dht.readTemperature();
54
55   // Check if any reads failed and exit early (to try again next loop)
56   if (!isnan(humidity) || !isnan(temperature)) {
57     Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");
58     delay(2000);
59     return;
60   }
61   /* For level of soil moisture using threshold (adjust to fit your own setting) */
62   float moisture = analogRead(A0);
63
64   // Determine status of our soil
65   if (moisture > THRESHOLD) {
66     Serial.println("The soil moisture is DRY => activate pump");
67     // set timer here to on water pump - 3000 = 5sec
68     // turn on pump 5 seconds
69     digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
70     delay(3000);
71     // turn off pump until next loop
72     digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
73   } else {
74     Serial.println("The soil moisture is MET => pump not active");
75   }
76
77   Serial.print("Humidity Output: ");
78   Serial.println(humidity);
79   Serial.print("Temperature Output: ");
80   Serial.println(temperature);
81   Serial.print("Moisture Output: ");
82   Serial.println(moisture);
83
84   // Create ISO 8601 timestamp
85   String createTime = getISO8601Timestamp();
86
87   // Create JSON payload with createTime
88   String payload = "{\"fields\": {\"humidity\": {\"doubleValue\": " + String(humidity) + "}, \"temperature\": {\"doubleValue\": " + String(temperature) + "},
89     \"moisture\": {\"doubleValue\": " + String(moisture) + "}, \"createTime\": {\"timestampValue\": \"" + createTime + "\"}}";

```

(c)

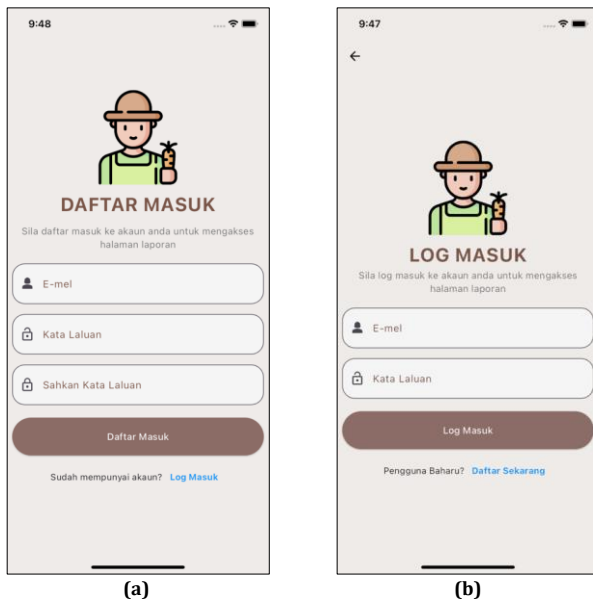
Rajah 6 Keratan Aturcara Sambungan Firebase (a); Keratan Aturcara Konfigurasi Sistem (b); Keratan Aturcara Sambungan Prototaip ke Firebase (c)

Antara muka pengguna bertujuan untuk membolehkan pengguna berinteraksi dengan sistem tersebut. Pada fasa pelaksanaan sistem ini, ia melibatkan pengkodan dan pelaksanaan sistem tersebut. Terdapat dua pengguna yang boleh mengakses sistem ini iaitu petani dan pentadbir. Selain itu, hanya pentadbir sahaja yang dapat menghasilkan laporan.



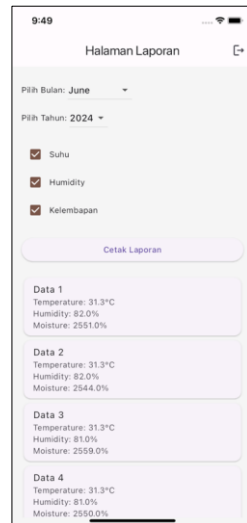
Rajah 7 Antara Muka Halaman Utama

Rajah 7 menunjukkan antara muka halaman utama aplikasi Sistem Pemantauan Kelembapan Tanah Tanaman dan Kelembapan Udara. Halaman utama ini memaparkan bacaan sensor yang direkodkan dan membenarkan pengguna untuk melihat dan memantau bacaan sensor.



Rajah 8 Antara Muka Daftar Akaun (a); Antara Muka Log Masuk (b)

Rajah 8 menunjukkan antara muka halaman daftar akaun dan log masuk pengguna. Pengguna perlu log masuk terlebih dahulu sebelum mengakses halaman laporan dengan mengisi maklumat seperti e-mel dan kata laluan yang sepadan. Pengguna baharu perlu mencipta akaun baharu jika tidak mempunyai akaun dan mesej berjaya log masuk akan dipaparkan jika pengguna berjaya log masuk.



Rajah 9 Antara Muka Laporan dan Pangkalan Data

Rajah 9 menunjukkan antara muka halaman laporan. Pentadbir dibenarkan untuk menghasilkan laporan dalam bentuk fail PDF dan mencetak laporan berdasarkan carian. Selain itu, pentadbir juga dapat melihat semua data bacaan sensor dan membuat carian berdasarkan maklumat yang dipilih.

4.2 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dijalankan untuk menilai kefungsi setiap modul yang terdapat di dalam aplikasi yang dibangunkan. Kaedah Ujian Penerimaan Pengguna (UAT) digunakan untuk menjalankan ujian tersebut. Jadual di bawah menunjukkan pelan pengujian kefungsi sistem yang dibangunkan. Sistem ini diuji dengan memberikan input yang relevan dan segala pengeluaran yang ditunjukkan akan dinilai bagi mengetahui sistem ini akan melengkap segala permasalahan yang dihadapi. Jadual 5 hingga 6 menunjukkan pelan pengujian bagi setiap modul yang terdapat di dalam sistem.

Jadual 5 Pelan Pengujian Daftar Akaun dan Log Masuk

ID Kes Ujian	Penerangan	Keputusan Jangkaan	Keputusan Sebenar	Lulus/Gagal
M1-1	Mengenalpasti jika pentadbir dapat mencipta akaun baharu.	Membolehkan pengguna mencipta akaun baharu.	Pengguna berjaya mencipta akaun baharu.	Lulus
M1-2	Mengenalpasti jika pentadbir dapat log masuk ke halaman laporan	Membolehkan pengguna mengakses halaman laporan	Pengguna berjaya log masuk dan mengakses halaman laporan	Lulus
M1-3	Mengenalpasti jika pengguna mengisi e-mel dan kata laluan yang sepadan	Membolehkan sistem memaparkan mesej ralat	Sistem berjaya memaparkan mesej ralat jika maklumat tidak sepadan	Lulus

Berdasarkan jadual 5, ketiga-tiga (3) ujian telah berjaya lulus ujian. Terdapat sejumlah 3 kes ujian untuk modul ini. Tujuan ujian ini adalah untuk mengesahkan sama ada pentadbir dibenarkan mendaftar akaun, log

masuk ke dalam aplikasi, dan sama ada aplikasi akan mengehadkan log masuk jika kelayakan yang tidak betul dimasukkan.

Jadual 6 *Pelan Pengujian Pemantauan Tanah*

ID Kes Ujian	Penerangan	Keputusan Jangkaan	Keputusan Sebenar	Lulus/Gagal
M2-1	Membolehkan sistem mendapatkan data sensor Soil Moisture v1.2 dan sensor DHT11	Sistem dapat mengenalpasti data sensor Soil Moisture v1.2 dan sensor DHT11	Sistem berjaya mendapatkan data sensor Soil Moisture v1.2 dan sensor DHT11	Lulus
M2-2	Memaparkan butang untuk menghasilkan laporan dan halaman utama	Butang halaman utama dan halaman laporan berfungsi	Pengguna dapat menekan butang setiap butang untuk ke halaman lain	Lulus
M2-3	Membolehkan sistem memapar bacaan semasa kelembapan tanah, kelembapan udara dan suhu persekitaran	Pengguna dapat melihat bacaan semasa kelembapan tanah, kelembapan udara dan suhu persekitaran	Bacaan semasa sensor dapat dipaparkan	Lulus
M2-4	Membolehkan sistem memaparkan maklumat tentang tanah	Membolehkan pengguna melihat maklumat berkaitan tanah	Pengguna dapat melihat maklumat berkaitan tanah	Lulus

Berdasarkan jadual 6, semua ujian telah berjaya lulus. Terdapat empat kes ujian untuk modul ini. Keempat-empat kes ujian ini bertujuan untuk mengenalpasti sama ada pengguna dapat melihat bacaan kedua-dua sensor yang dipaparkan di halaman utama iaitu halaman pemantauan tanah.

Jadual 7 *Pelan Pengujian Notifikasi*

ID Kes Ujian	Penerangan	Keputusan Jangkaan	Keputusan Sebenar	Lulus/Gagal
M3-1	Mengenalpasti jika sistem dapat menghasilkan notifikasi	Sistem membenarkan notifikasi dihasilkan	Notifikasi berjaya dihasilkan	Lulus
M3-2	Mengenalpasti jika pengguna dapat menerima notifikasi menerusi telefon bimbit	Membolehkan pengguna menerima notifikasi	Pengguna berjaya menerima notifikasi menerusi telefon bimbit	Lulus
M3-3	Mengenalpasti jika sistem dapat menghasilkan notifikasi jika tanah kering	Sistem membenarkan notifikasi dihasilkan berdasarkan bacaan kelembapan tanah	Sistem berjaya menghasilkan notifikasi jika bacaan semasa kelembapan tanah di bawah paras optimum	Lulus
M3-4	Mengenalpasti jika pengguna mendapat maklumat proses penyiraman	Membolehkan pengguna dapat mengetahui jika proses penyiraman berlaku	Pengguna dapat mengetahui jika proses penyiraman berlaku	Lulus

Berdasarkan jadual 7, kesemua ujian telah berjaya lulus ujian. Terdapat empat kes ujian untuk modul ini. Tujuan ujian ini adalah untuk mengenalpasti sama ada pengguna dapat menerima notifikasi jika tanah kering dan proses penyiraman dijalankan.

Jadual 8 *Pelan Pengujian Pangkalan Data*

ID Kes Ujian	Penerangan	Keputusan Jangkaan	Keputusan Sebenar	Lulus/Gagal
M4-1	Mengenalpasti jika sistem dapat disambungkan dengan pangkalan data	Membolehkan sambungan sistem dengan pangkalan data	Sistem berjaya disambungkan dengan pangkalan data	Lulus
M4-2	Mengenalpasti jika semua maklumat sensor yang direkodkan dapat dipaparkan	Membolehkan sistem memaparkan semua data sensor mengikut tarikh dan masa	Sistem memaparkan semua maklumat sensor dari pangkalan data mengikut tarikh dan masa	Lulus
M4-3	Mengenalpasti jika pengguna dapat melihat semua maklumat sensor	Membolehkan pengguna melihat semua maklumat sensor	Pengguna dapat melihat maklumat sensor	Lulus

Jadual 8 menunjukkan ketiga-tiga ujian telah berjaya lulus ujian. Modul ini mengandungi tiga kes ujian. Tujuan ujian ini adalah untuk mengenalpasti sama ada pangkalan data dapat disambungkan dan dapat memaparkan semua maklumat sensor yang terdapat di pangkalan data Firebase.

5. Kesimpulan

Kesimpulannya, pembangunan Sistem Pemantauan Kelembapan Tanah Tanaman dan Kelembapan Udara berjaya mencapai setiap objektif yang dinyatakan. Sistem ini juga telah mencapai tujuannya berdasarkan keperluan sistem, skop dan keperluan pengguna. Setiap modul yang dibangunkan memberi kebaikan yang tersendiri kepada pengguna. Penghasilan keseluruhan sistem ini dapat dibangunkan dengan menggunakan model prototaip yang telah dilaksanakan secara terperinci untuk memenuhi spesifikasi sistem yang dikehendaki oleh pengguna. Selain itu, proses penambahbaikan modul-modul serta menilai semula modul dapat dikenalpasti bagi memastikan sistem berjalan seperti yang dirancang melalui perbandingan sistem sedia ada. Sistem ini dapat membantu petani memantau tumbesaran tanaman mereka seperti kelembapan tanah, kelembapan udara dan suhu persekitaran dengan lebih sistematik. Selain itu, sistem ini juga mampu membantu petani menguruskan proses penyiraman tumbuhan dengan lebih baik dan sistematik. Sistem ini juga memudahkan perekodan data, carian semula dan penghasilan laporan. Pangkalan data bersepadu membantu penyimpanan data yang lebih kemas dan cekap. Fasa implementasi dan pengujian telah dijalankan untuk mendapatkan maklum balas pengguna serta meningkatkan prestasi sistem. Oleh itu, sistem ini dapat membantu pemilik dan petani untuk menghasilkan lebih banyak hasil tanaman yang berkualiti dan boleh meningkatkan jualan mereka secara berturut-turut. Cadangan untuk penambahbaikan masa depan, projek ini dapat dibelanjakan bukan sahaja untuk pertanian tetapi juga untuk industri yang lain.

Penghargaan

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Fakulti Sains Komputer dan Teknologi Maklumat, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia atas sokongannya dan dorongan sepanjang proses menjalankan kajian ini.

Konflik Kepentingan

Penulis mengumumkan bahawa tidak ada konflik kepentingan yang berkaitan dengan penerbitan makalah ini.

Sumbangan Penulis

Jurnal ini mengkehendaki semua penulis mengambil tanggungjawab awam terhadap kandungan kerja yang dihantar untuk ulasan. Sumbangan semua penulis harus dijelaskan dengan cara berikut:

*Penulis mengesahkan sumbangan kepada kertas ini seperti berikut: **konsepsi dan reka bentuk kajian:** Aishah Madihah Ab Hafiz, Mohamad Aizi Selamat; **pengumpulan data:** Aishah Madihah Ab Hafiz; **analisis dan interpretasi hasil:** Aishah Madihah Ab Hafiz; **penyediaan draf manuskrip:** Aishah Madihah Ab Hafiz. Semua penulis telah mengkaji hasil dan meluluskan versi terakhir manuskrip.*

Commented [MABZ1]: Example for multiple author

Rujukan

- [1] M. F. A. Aziz, "Pengelasan dan pencirian sampel tanah menggunakan gelombang mikro," Ph.D. dissertation, Universiti Sains Malaysia, 2007.
- [2] R. Daniel, "Rancang bangun alat monitoring kelembaban, pH tanah dan pompa otomatis berbasis Arduino," *Journal of Applied Computer Science and Technology*, vol. 3, no. 2, pp. 208–212, 2022.
- [3] M. A. D. Rahmat, S. Marjudi, and R. M. T. R. L. Ahmad, "Design and development of IoT-based smart farming for plant disease detection," *Applied Information Technology and Computer Science*, vol. 3, no. 2, pp. 1257–1270, 2022.
- [4] V. A. Rahardjo and D. Setiyadi, "Implementasi sensor pengukur kelembaban tanah dan penyiraman otomatis serta monitoring pada kebun tanaman cabai rawit," *Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 106–115, 2021.
- [5] L. Fauziah, "Operasi pengukur taraf kelembaban pada jagung kering menggunakan sensor soil moisture (YL-69)," *Jurnal Portal Data*, vol. 2, no. 2, 2022.
- [6] V. A. Rahardjo and D. Setiyadi, "Implementasi sensor pengukur kelembaban tanah dan penyiraman otomatis serta monitoring pada kebun tanaman cabai rawit," *Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 106–115, 2021.
- [7] D. C. M. Wijaya, H. Khariono, M. R. Abrori, R. A. Fernanda, and H. A. Kusuma, "Sistem pemantauan suhu dan kelembapan udara pada tanaman hias janda bolong terintegrasi," *Informatik: Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 17, no. 3, pp. 174–187, 2021.
- [8] S. Widodo, A. Nursyahid, S. Anggraeni, and W. Cahyaningtyas, "Analisis sistem pemantauan suhu dan kelembapan serta penyiraman otomatis pada budidaya jamur dengan ESP32 di Fungi House Kabupaten Semarang," *Orbith: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa dan Sosial*, vol. 17, no. 3, pp. 210–219, 2022.