

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI TAMAN PINTAR BERBASIS *INTERNET OF THINGS (IoT)*

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SMART GARDEN BASED ON INTERNET OF THINGS (IoT)

Ahmad Saifuddin Mufid¹, Rendy Munady², Ratna Mayasari³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung.
ahmadsaifuddinm¹@students.telkomuniversity.ac.id, rendymunadi²@telkomuniversity.ac.id,
ratnamayasari³@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Dewasa ini, perkembangan ilmu pengetahuan yang pesat telah mendorong terciptanya banyak sekali teknologi yang bermanfaat bagi kehidupan manusia, salah satunya *Internet of Things (IoT)*. IoT merupakan sebuah kesatuan sistem yang memungkinkan manusia untuk mengendalikan perangkat dari jarak yang jauh dengan memanfaatkan jaringan internet dan *smartphone*. Teknologi IoT sudah banyak diterapkan di berbagai sektor kehidupan manusia, salah satunya dalam perawatan tanaman atau yang dikenal sebagai *Smart Garden*.

Sistem *Smart Garden* digunakan untuk *monitoring* dan *controlling*. *Monitoring* adalah aktivitas memantau nilai sensor yang digunakan pada sistem tersebut, sedangkan *controlling* bertujuan untuk mengendalikan benda elektronik yang terpasang pada sistem. *Controlling* perlu dilakukan agar nilai parameter setiap sensor yang terpasang pada sistem *Smart Garden* tetap pada nilai atau status yang diinginkan pengguna. Pada Sistem *Smart Garden* menggunakan ESP32S sebagai mikrontroller dan beberapa sensor, yaitu *Capacitive Soil Moisture Sensor (CSMS)*, *Light Dependent Resistor (LDR)* *Passive Infrared (PIR)* untuk mendeteksi gerak makhluk hidup di sekitar taman, dan juga menggunakan aplikasi untuk memantau nilai sensor serta mengendalikan perangkat elektronik.

Hasil dari observasi perawatan tanaman dihubungkan ke *firebase* kemudian ditampilkan menggunakan aplikasi *Smart Garden* yang berbasis android yang terpasang pada *smartphone*. Berdasarkan hasil yang ditampilkan maka pengguna dapat melihat nilai kelembaban tanah ideal sebesar 88, nilai intensitas cahaya dari pukul 05.30-18.00 WIB dengan rentang 117-201, serta pendeteksi tikus di sekitar taman secara *real time*. Kemudian hasil pengujian QoS yaitu dengan memasang alat dengan jarak 5 meter terhadap *access point* dan mendapatkan hasil *throughput* sebesar 6530 bit/s, nilai *packet loss* sebesar 0 %, nilai rata-rata *delay* 0.237 s, dan rata-rata nilai *jitter* 4.2×10^{-5} s.

Kata Kunci: *Smart Garden, monitoring dan controlling, CSMS, LDR, PIR, firebase.*

Abstract

Today, the rapid development of science has encouraged the creation of many technologies that are beneficial to human life, one of which is the Internet of Things (IoT). IoT is a unified system that allows humans to control devices remotely by utilizing the internet and smartphone networks. IoT technology has been widely applied in various sectors of human life, one of which is in plant care or what is known as Smart Garden.

The Smart Garden system is used for monitoring and controlling. Monitoring is the activity of supervizing the sensor value used in the system, while controlling aims to control electronic objects installed in the system. Controlling needs to be done so that the parameter value of each sensor installed on the Smart Garden system remains at the value or status desired by the user. The Smart Garden System uses the ESP32S as a micro-controller and several sensors, namely the Capacitive Soil Moisture Sensor (CSMS), Light Dependent Resistor (LDR) Passive Infrared (PIR) to detect the motion of living things around the garden, and also uses applications to monitor sensor values and controlling electronic devices.

The results of plant care observations are linked to firebase and then displayed using the Android-based Smart Garden application installed on a smartphone. Based on the results displayed, users can see the ideal soil moisture value of 88, the value of light intensity from 05.30-18.00 WIB with a range of 117-201, as well as real time detection of rats around the park. Then the QoS test with five meter distance between device and access point gains throughput of 6530 bits / s, no packet loss, a delay of 0.237 s, and a jitter of 4.2×10^{-5} s.

Keywords: *Smart Garden, monitoring dan controlling, CSMS, LDR, PIR, firebase.*

1. Pendahuluan

Budidaya tanaman merupakan kegiatan yang banyak dilakukan untuk melestarikan tanaman ataupun sekedar hobi. Dalam melakukan perawatan tanaman ada beberapa aspek yang perlu diperhatikan agar tanaman tetap terjaga dan tumbuh dengan baik, diantaranya kelembaban tanah, intensitas cahaya, dan pencegahan hama. Menjaga kelembaban tanah umumnya dilakukan dengan menyiram secara rutin. Orang yang memiliki tanaman sebagian besar meletakkan tanamannya di tempat yang terkena sinar matahari untuk memenuhi kebutuhan fotosintesis. Pencegahan hama umumnya dilakukan dengan menyemprotkan pestisida ke tanaman [1].

Namun, kegiatan-kegiatan tersebut masih dilakukan secara manual oleh manusia. Kesibukan atau sulitnya mengatur waktu dapat menyebabkan manusia untuk melewatkan salah satu atau bahkan seluruh kegiatan tersebut. Dampaknya, pertumbuhan pada tanaman menjadi tidak optimal. Perkembangan teknologi dan jaringan internet yang begitu pesat melahirkan sebuah sistem berbasis internet yang memiliki kecanggihan dan fitur tertentu dan dikenal sebagai *Internet of Things* (IoT). Bentuk efisiensi dari IoT berupa otomatisasi, *monitoring* maupun *controlling*. IoT memungkinkan pengguna hanya perlu memantau dan mengendalikan perangkat lain seperti pompa air dan lampu menggunakan *smartphone* secara jarak jauh. [1] [2].

Pada Tugas Akhir ini penulis melakukan perancangan sistem *Smart Garden*. *Smart Garden* (taman pintar) merupakan gabungan dari antara teknologi dan pelayanan yang memiliki fungsi utama untuk membantu melakukan perawatan dan pemantauan terhadap taman agar lebih efisien, pelayanan tersebut meliputi *monitoring*, otomatisasi serta *controlling* dengan menggunakan *smartphone* atau gadget yang lain. Alat ini menggunakan ESP32S sebagai mikrokontroler, serta beberapa sensor yaitu *Capacitive Soil Moisture Sensor* CSMS untuk mengukur kelembaban tanah, *Light Dependent Resistor* (LDR) untuk mengukur intensitas cahaya, serta *Passive Infrared* (PIR) untuk mendeteksi tikus [2]. Alat ini juga dilengkapi dengan aplikasi untuk mengetahui informasi mengenai status setiap sensor yang terpasang pada mikrokontroler.

2. Dasar Teori dan Metodologi

2.1 *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan dasar dari teknologi yang dimana sebuah konektivitas internet mendukung terjadinya pertukaran informasi antar perangkat keras. Saat ini IoT merupakan terobosan baru dan merupakan teknologi yang semakin hari semakin berkembang. IoT dapat mempermudah pengguna dalam melakukan berbagai macam aktivitas. Cara kerja IoT ialah menggunakan sistem otomatisasi serta dapat memantau atau mengontrol semua benda elektronik yang memiliki jaringan internet [3].

Salah satu konsep IoT yang sudah banyak diterapkan adalah sistem *Smart Garden*. Bagi para pecinta tanaman hias IoT memiliki kegunaan yang sangat besar baik dalam proses perawatan maupun proses pemantauan pada tanaman agar pertumbuhan tanaman dapat maksimal. Hal inilah yang mendorong para ilmuwan terus menciptakan sebuah konsep IoT, karena IoT merupakan teknologi yang sangat efisien [3].

2.2 Tanaman Buah Tomat

Tomat merupakan tanaman berjenis tanaman buah-buahan karena memiliki biji tunggal. Tomat sendiri dapat tumbuh baik pada dataran tinggi maupun dataran rendah. Dalam menanam tanaman tomat perlu diperhatikan tata cara yang benar dalam melakukan perawatan agar dapat menghasilkan buah yang bagus dan segar, namun jika perawatan kurang maksimal maka kualitas buah akan kurang bagus [4]. Hal-hal yang perlu diperhatikan ketika menanam buah tomat adalah tingkat kelembaban dan intensitas cahaya matahari.

2.2.1 Kelembaban Tanah

Kelembaban tanah sangat berpengaruh pada proses pertumbuhan buah tomat. Buah tomat akan tumbuh dengan segar pada suhu tanah sekitar 24-28° C pada CSMS bernilai 88 [4] [5]. Jika suhu terlalu panas (>32° C) maka warna tomat akan tidak rata dan akan sedikit kuning, namun jika suhu terlalu rendah (<20° C) maka tidak baik juga untuk tanaman tomat. Oleh karena itu suhu harus stabil agar hasilnya optimal.

2.2.2 Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya juga sangat penting dalam membantu pertumbuhan tanaman, karena cahaya berguna untuk proses fotosintesis. Panjang gelombang cahaya matahari yang digunakan untuk fotosintesis berada pada rentang 380-700 nm [6] [7]. Tidak hanya cahaya matahari, fotosintesis juga dapat menggunakan cahaya lampu. Agar buah tomat hasilnya bagus maka setiap hari setidaknya harus terkena sinar matahari 10-12 jam untuk proses

fotosintesis. Namun apabila kebutuhan cahaya matahari tidak dapat terpenuhi pertumbuhan tanaman tomat kurang optimal. Oleh karena itu pada saat malam hari dapat menggunakan cahaya lampu warna kuning untuk fotosintesis [6].

2.2.3 Pengusir Hama Tikus

Pengusir hama tikus diperlukan untuk mengurangi sekaligus menghilangkan tikus di sekitar taman dan juga menjaga stabilitas tomat, agar tomat dapat berbuah dan dapat menikmati hasilnya [8]. Karena tikus merupakan hewan jenis omnivora yaitu pemakan segala, jadi salah satu cara untuk mengurangi hama tikus yaitu dengan bunyi ultrasonik [9].

2.3 Apache Cordova

Apache Cordova merupakan *Framework* pengembangan aplikasi *mobile*. Apache Cordova memungkinkan pengembang untuk merancang aplikasi web hybrid untuk perangkat seluler dengan menggunakan CSS, HTML, dan JAVASCRIPT [10] [11]. Cordova juga dapat digunakan sebagai converter untuk suatu program menjadi sebuah aplikasi berbasis android dengan menggunakan CMD pada PC windows. Apache Cordova dapat mendukung beberapa sistem operasi seperti, IOS, Android, Windows 8.1, Windows Phone 8.1, Windows 10, Linux, MacOS.

2.4 Arduino IDE

Arduino IDE adalah software yang digunakan untuk memprogram suatu mikrokontroler dengan perintah-perintah tertentu. Perintah tersebut berisi bahasa pemrograman yang menyerupai bahasa C. Pada bahasa pemrograman Arduino sudah dilakukan perubahan sehingga mempermudah pengguna dalam melakukan pemrograman dari bahasa aslinya. Kemudian pada IC mikrokontroler juga telah ditanamkan suatu program yaitu Boardlader yang berfungsi sebagai jembatan antara Arduino dengan mikrokontroler.

2.5 Realtime Database Firebase

Firebase Merupakan layanan yang disediakan oleh Google untuk pengembang mengembangkan suatu aplikasi yang memiliki 2 fitur yaitu *Firebase Remote Config* dan *Firebase Realtime Database* [10]. *Firebase* digunakan untuk menyimpan *database* yang sudah dibaca oleh sensor-sensor kemudian informasi tersebut dikirimkan ke *smartphone*.

2.6 Perangkat Keras dan Sensor

2.6.1 Modul ESP32S

Modul ESP32 (seperti yang dapat dilihat pada gambar 1) merupakan papan mikrokontroler open-source yang dilengkapi dengan modul WiFi ESP32 [12]. Papan ini dilengkapi set pin input / output digital dan analog yang dapat dihubungkan ke berbagai papan ekspansi dan sirkuit lainnya. Spesifikasi modul ESP32S dapat dilihat pada tabel 1.



Gambar 1. Modul ESP32S

Tabel 1. Spesifikasi Modul ESP32S

Spesifikasi	Modul ESP32S
MCU	XTENSA Dual-Core 32 bit LX6 with 600 DMIPS
WiFi	802.11 b/g tipe HT40
Bluetooth	Tipe 42 dan BLE
Typical Frequency	160 Hz
Total GPIO	38
Total SPI-UART-I2C-I2S	4-2-2-2
Resolusi ADC	12 bit
Suhu Kerja	-40°C to 125°C

2.6.2 Capacitive Soil Moisture Sensor (CSMS)

Sensor kelembaban (sebagaimana yang ditampilkan pada gambar 2) digunakan untuk mengukur kelembaban tanah atau kadar air di dalam tanah. Sensor ini mendeteksi keadaan tanah sedang kering atau basah. Sensor ini juga sebagai indikator untuk melakukan penyiraman. Output dari sensor kelembaban tanah berupa angka, angka yang dihasilkan merupakan tingkat kelembaban tanah [5]. Spesifikasi sensor CSMS dapat dilihat pada tabel 3.



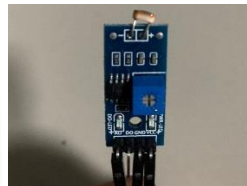
Gambar 2. Sensor CSMS

Tabel 2. Spesifikasi Sensor CSMS

Dimensi	99 x 16 mm
Tegangan Kerja	DC 3.3 V
Tegangan Keluaran	DC 0-3 V
Interface	PH2.0-3P

2.6.3 Light Dependant Resistor (LDR)

Fungsi sensor LDR adalah untuk menghantarkan arus listrik jika menerima sejumlah intensitas cahaya. Semakin banyak cahaya yang mengenai LDR maka hambatannya akan menurun, dan jika semakin sedikit cahaya yang mengenai LDR maka hambatannya akan membesar [13]. Sensor LDR ini berfungsi untuk mendeteksi adanya cahaya atau tidak. LDR sebagai indikator untuk menyalakan/mematikan lampu. Rupa sensor LDR dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Sensor LDR

2.6.4 Grove Mini PIR Motion Sensor

Sensor PIR (seperti yang dapat dilihat pada gambar 4) merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi adanya gerakan suatu objek atau benda dengan pancaran sinar infra merah [8]. Sensor PIR ini digunakan untuk mendeteksi pergerakan tikus yang ada di sekitar perkebunan. Sensor PIR bekerja dengan cara menangkap pancaran infra merah, kemudian pancaran infra merah yang tertangkap akan masuk melalui lensa Fresnel dan mengenai sensor pyroelektrik. Spesifikasi sensor PIR dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Sensor PIR

Dimensi	20 x 20 x 12 mm
Sensor Chip	S16-L221D
Tegangan Kerja	3.3V / 5V
Arus Kerja	12-20 μ A
Sensitifitas	120 – 530 uV
Jarak Deteksi Terbaik	2 Meter

2.6.5 Lampu Bohlam

Lampu bohlam kuning digunakan sebagai pengganti cahaya matahari untuk membantu proses fotosintesis. Panjang gelombang cahaya matahari yang diperlukan untuk fotosintesis memiliki rentang 380-700 nm, sedangkan lampu dengan spektrum warna kuning yang memiliki panjang gelombang dengan rentang 590-620 nm [6]. Karena masih berada pada rentang panjang gelombang yang ideal, maka lampu warna kuning dapat menggantikan cahaya matahari untuk melakukan fotosintesis ketika kurangnya cahaya matahari, tanaman berada di dalam ruangan, maupun fotosintesis malam hari. Fotosintesis perlu dilakukan agar buah tomat yang dihasilkan segar dan memiliki kualitas yang bagus.

2.6.6 Ultrasonik

Alat pemancar ultrasonik dapat digunakan untuk mengusir tikus karena bunyi yang dikeluarkan oleh alat ini membuat tikus di sekitar taman tidak nyaman dan terganggu [9]. Namun kekurangan menggunakan suara ultrasonik yaitu tidak dapat mengusir hama wereng dan jenis serangga lainnya yang dapat merusak taman.

2.7 Quality of Service (QoS)

Quality of Service merupakan metode pengukuran yang digunakan untuk mengukur serta menganalisis kualitas suatu jaringan. Dalam pengukuran QoS juga memiliki standarisasi yang diatur oleh TIPHON [14]. QoS memiliki beberapa parameter pengukuran antara lain, *Throughput*, *packet lost*, *delay*, serta *jitter*.

2.7.1 Throughput

Throughput merupakan *bandwidth* aktual yang terukur pada suatu ukuran tertentu dalam suatu jaringan internet yang spesifik ketika sedang mengunduh *file* tertentu berupa kecepatan transfer data dengan satuan *bit per second* (bps) [14]. Standarisasi nilai *throughput* oleh TIPHON dapat dilihat pada tabel 4, sedangkan perhitungan *throughput* dapat dilakukan dengan persamaan 1.

Tabel 4. Standar *Throughput* TIPHON

Kategori	Throughput (%)	Indeks
Low	<25	1
Medium	50	2
Good	75	3
Very Good	100	4

$$\text{Throughput(bytes)} = \frac{\text{Paket yang dikirim (Bytes)}}{\text{waktu pengiriman}} \times 100\% \quad (1)$$

2.7.2 Packet Loss

Packet loss merupakan jumlah paket yang gagal diterima ketika proses transmisi dikarenakan beberapa masalah antara lain, *overload* trafik, tabrakan dalam jaringan, koneksi internet yang kurang stabil [14]. Berikut tabel 5 yang merupakan standarisasi *packet loss* menurut TIPHON. Perhitungan *packet loss* dapat dilakukan menggunakan persamaan 2.

Tabel 5. Standar *Packet Loss* TIPHON

Kategori	Packet loss	Indeks
Perfect	0 - 2 %	4
Good	3 - 14 %	3
Medium	12 - 24 %	2
Poor	> 25 %	1

$$\text{Packet Loss} = \left(\frac{\text{paket yang dikirim} - \text{paket yang diterima}}{\text{paket yang dikirim}} \right) \times 100\% \quad (2)$$

2.7.3 Delay

Delay merupakan waktu yang diperlukan paket untuk sampai ke tujuan. Akibat dari *delay* adalah data yang diterima mengalami keterlambatan waktu datang. Perhitungan *delay* dapat dilakukan menggunakan persamaan 3. Tabel 6 merupakan standarisasi *delay* menurut TIPHON [14].

Tabel 6. Standar *Delay* TIPHON

Kategori	Delay (ms)	Indeks
Perfect	< 150 ms	4
Good	150 - 450 ms	3
Medium	300 - 450 ms	2
Poor	> 450 ms	1

$$\text{Rata - rata delay} = \frac{\text{Total delay}}{\text{jumlah paket yang diterima}} \quad (3)$$

2.7.4 Jitter

Jitter merupakan bentuk variasi *delay* antar blok yang berurutan. Nilai *jitter* dipengaruhi oleh variasi bebas trafik dan besarnya pengiriman paket yang ada dalam suatu jaringan. Tabel 7 merupakan standarisasi *jitter* menurut TIPHON [14]. Perhitungan *jitter* dapat dilakukan menggunakan persamaan 4.

Tabel 7. Standar Jitter TIPHON

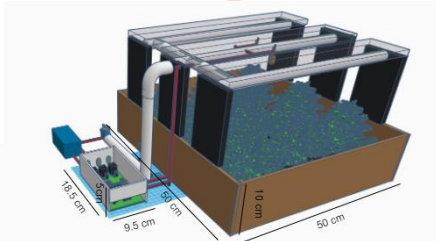
Kategori	Jitter (ms)	Indeks
Perfect	0	4
Good	0 – 75 ms	3
Medium	75 – 125 ms	2
Poor	125 – 225 ms	1

$$\text{Rata – rata jitter} = \frac{\text{Total jitter}}{\text{jumlah paket yang diterima}} \quad (4)$$

2.8 Metodologi Perancangan

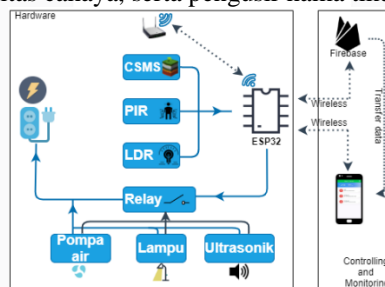
2.8.1 Desain Sistem

Sistem *Smart Garden* merupakan kombinasi dari beberapa komponen elektronik yang mampu melakukan *monitoring* serta *controlling* terhadap taman [1]. Sistem ini dapat menjaga kelembaban tanah, intensitas cahaya yang ideal serta mengusir hama tikus pada tanaman tomat. Alat ini memiliki dua parameter pengukuran yang dilengkapi pengusir hama tikus, sensor yang digunakan yakni sensor kelembaban tanah CSMS, sensor LDR, dan sensor PIR. Sensor kelembaban tanah CSMS digunakan untuk memantau kelembaban tanah, Sensor LDR digunakan untuk memantau intensitas cahaya, sensor PIR digunakan untuk mendeteksi adanya tikus di sekitar taman [1] [3]. Kemudian ESP32 yang menjadi mikrokontroler dihubungkan ke *firebase* untuk menyimpan dan membaca nilai dari tiap sensor dan hasilnya akan dikirim dan ditampilkan di aplikasi *smartphone*. Desain sistem *Smart Garden* dapat dilihat pada gambar 4.

Gambar 4. Desain Sistem *Smart Garden*

2.8.2 Diagram Blok

Berikut ini pada gambar 5 merupakan diagram alir dari sistem *Smart Garden*. Alur kerja sistem ini secara otomatis melakukan *monitoring* pada taman secara *realtime* selama 1x24 jam mulai dari jam 05.30 WIB untuk *monitoring* kelembaban tanah, intensitas cahaya, serta pengusir hama tikus.



Gambar 5. Diagram Blok Sistem

Sensor kelembaban tanah CSMS berfungsi untuk mengukur kelembaban tanah dengan *output* sebuah nilai, kemudian agar kelembaban tanah terjaga maka membutuhkan air, oleh karena itu memerlukan pompa air, pompa air terhubung dengan relay yang berfungsi sebagai saklar dan terhubung dengan listrik 220V [15].

Sensor LDR berfungsi untuk memantau intensitas cahaya di sekitar taman. Pada saat cahaya dibawah rata-rata yang diinginkan maka memerlukan lampu 25 Watt sebagai sumber cahaya untuk fotosintesis lampu terhubung dengan relay dan juga terhubung dengan listrik 220V [13] [16].

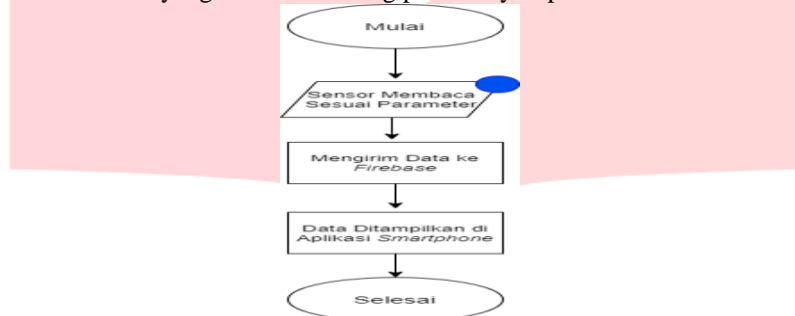
Sensor PIR berfungsi untuk mendeteksi benda hidup yang ada di sekitar taman, terutama tikus. Salah satu cara untuk mengusir hama tikus yaitu dengan suara ultrasonik. *Box* suara ultrasonik akan terhubung dengan relay dan listrik 220V [9].

Ketiga sensor tersebut akan melakukan pembacaan terhadap parameter-parameter yang sudah ditentukan sesuai dengan kegunaan sensor. Semua sensor terhubung ke *firebase* yang digunakan untuk mengetahui nilai

setiap sensor, Kemudian setelah *firebase* mengetahui nilainya maka akan mengirim dan ditampilkan pada aplikasi yang sudah terpasang di *smartphone* pengguna.

2.8.3 Diagram Alir Monitoring

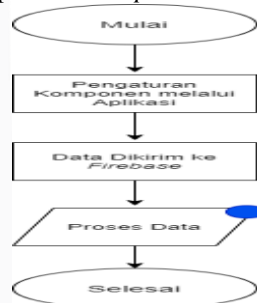
Gambar 6 merupakan gambaran alur saat melakukan pemantauan, nilai dari pemrosesan data pada mikrokontroller Node MCU yang sudah terhubung dengan *WiFi* dikirimkan ke *firebase database*. Kemudian data yang dikirim ke *firebase* akan mengirim notifikasi serta ditampilkan pada aplikasi yang telah dipasang di *smartphone*. Data yang ditampilkan berupa nilai kelembaban tanah, nilai intensitas cahaya, serta pendeteksi tikus. Pada gambar 3.4 merupakan alur *controlling* yaitu alur pengaturan yang dilakukan di *smartphone* ketika sensor menyentuh nilai *trigger*, dari *smartphone* mengirim perintah ke *firebase database* untuk menyalakan atau mematikan komponen elektronik yang sudah terhubung pada relay di pin Node MCU.



Gambar 6. Diagram Alir Monitoring

2.8.4 Diagram Alir Controlling

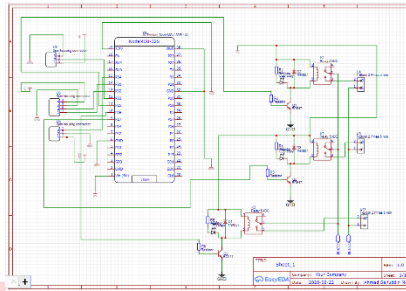
Diagram alir *controlling* pada gambar 7 memiliki parameter masukan, yaitu sensor kelembaban tanah YL69, sensor LDR, sensor PIR. Pada tahap pemrosesan data ini dilakukan pada mikrokontroller. Tahap pertama merupakan masukkan dari nilai kelembaban tanah, intensitas cahaya, serta status pendeteksi tikus. Pada tahap kedua akan mengecek kondisi nilai *trigger* sensor yang terbaca pada *firebase*. Tahap ketiga yaitu setelah nilai *trigger* terbaca oleh *firebase*, kemudian akan mengirim notifikasi dan menampilkan nilai kelembaban tanah, nilai intensitas, serta status sensor PIR di aplikasi *smartphone*.



Gambar 7. Diagram Alir Controlling

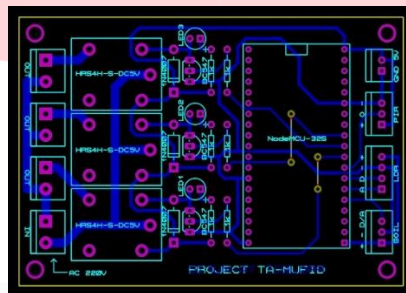
2.8.5 Desain PCB

Perancangan desain PCB diawali dengan melakukan pembuatan desain skematik seperti yang dapat dilihat pada gambar 8. Rangkaian ini merupakan gabungan dari komponen yang digunakan di sistem Smart Garden. Berdasarkan desain skematik, maka dapat diketahui jalur-jalur serta pin GPIO yang terhubung dengan komponen.



Gambar 8. Desain Skematik

Selanjutnya, desain PCB dirancang dengan mengacu pada desain skematik yang telah dibuat sebelumnya. Desain PCB dapat dilihat pada gambar 9. PCB dirancang untuk menghubungkan mikrokontroler, sensor, dan beberapa komponen elektronik seperti 6 buah resistor 1 k Ω , 3 diode tipe 1n4007, 3 transistor tipe 2n22, 3 lampu led, serta 3 buah relay.



Gambar 9. Desain PCB

2.8.6 Desain Perangkat Lunak

Perancangan antarmuka aplikasi bertujuan untuk memudahkan interaksi antara pengguna dengan sistem *Smart Garden*. Gambar 10 merupakan tampilan dari aplikasi *Smart Garden*, gambar tampilan utama yaitu menu login yang harus memasukkan email dan password yang sudah dibuat, kemudian setelah login maka muncul tampilan kondisi setiap sensor yang terpasang pada *board* PCB. Pengguna dapat mengetahui nilai sensor ketika menekan tombol segitiga kecil hitam dan juga mengaktifkan / menonaktifkan lampu, pompa, maupun ultrasonik. Pada aplikasi ini juga terdapat hari, tanggal, bulan, tahun serta waktu. Untuk logout pengguna hanya perlu menekan tombol setting dipojok kanan atas.

Gambar 10. Tampilan Antarmuka Aplikasi *Smart Garden*

2.8.7 Skenario Pengujian Jangkauan Alat

Skenario pengujian jangkauan alat terbagi menjadi empat buah skenario yang didasarkan pada jarak alat dengan *access point*.

1. Skenario pertama. Alat dipisahkan sejauh 5 meter dari *access point* tanpa ada penghalang diantara keduanya.
2. Skenario kedua. Jarak alat dan *access point* adalah 10 meter dan terdapat penghalang berupa tembok dan pintu.
3. Skenario ketiga. Alat dan *access point* terpisah sejauh 15 meter dengan penghalang berupa tembok, pintu, dan perabotan rumah tangga.
4. Skenario keempat. Jarak antara alat dan *access point* adalah sebesar 20 meter dengan penghalang berupa tembok, pintu, perabotan rumah tangga, dan pohon.

5. Skenario kelima. Alat dan *access point* terpisah sejauh 25 meter dengan penghalang berupa tembok, pintu, perabotan rumah tangga, dan pohon.
6. Skenario keenam. Alat dan *access point* terpisah sejauh 5 meter dengan penghalang berupa tembok dan pintu.

3 Pembahasan

3.1 Validasi Alat

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kelembaban tanah yang ideal untuk tanaman tomat, mengukur intensitas cahaya yang diperlukan tanaman tomat untuk fotosintesis, dan juga mendeteksi tikus di sekitar taman yang memiliki ukuran 50cm x 50cm. Pada tahap ini dilakukan pengambilan data sebanyak 35 kali untuk Capacitive Soil Moisture Sensor V 1.2, sebanyak 12 kali untuk sensor LDR, dan sebanyak 4 kali untuk sensor PIR.

3.1.1 Pengujian LDR

Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai intensitas cahaya mulai dari pukul 05.30 – 18.00 WIB yang dilakukan selama 35 kali, dimana pengujian ini berlangsung selama 7 hari [13]. Perolehan nilai rata-rata pembacaan sensor untuk setiap waktu yang dilakukan selama 7 hari dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Rata-rata Pembacaan Nilai Sensor LDR

Waktu	Nilai Sensor LDR
05.30 WIB	117.7143
09.00 WIB	107.4286
12.00 WIB	110.4286
15.00 WIB	113.5714
18.00 WIB	201

3.1.2 Pengujian CSMS

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kelembaban tanah dengan menggunakan bantuan *thermometer* tanah untuk mengetahui suhu ($^{\circ}\text{C}$) yang berguna sebagai acuan pengukuran CSMS, tanah tersebut yang digunakan sebagai media tanam untuk tanaman tomat. Tanaman tomat memiliki kelembaban yang ideal agar dapat tumbuh dan berbuah dengan optimal [4] [5]. Pengujian ini dilakukan sebanyak 21 kali dengan tiga buah kategori kelembaban tanah dan diamati selama 7 hari. Nilai rata-rata pembacaan CSMS dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Rata-rata Pembacaan Nilai CSMS

Kategori Kelembaban Tanah	Nilai Rata-rata
Kering ($>30^{\circ}\text{C}$)	97.28571
Lembab ($24^{\circ}\text{-}28^{\circ}\text{C}$)	87.71429
Basah ($<24^{\circ}\text{C}$)	77.85714

Dari hasil pengujian maka dapat disimpulkan bahwa ketika suhu/kelembaban tanah ada di nilai $>30^{\circ}\text{C}$ maka dikategorikan kering, untuk suhu dengan rentang $24\text{-}28^{\circ}\text{C}$ dikategorikan lembab, kemudian untuk suhu $<24^{\circ}\text{C}$ dikategorikan sangat lembab [16]. Jadi agar penyiraman lebih efisien maka yang digunakan sebagai batasan nilai *trigger* penyiraman adalah jika kondisi tanah sedang kering atau suhu $>30^{\circ}\text{C}$.

3.1.3 Pengujian PIR

Pada Pengujian *Passive Infrared* bertujuan untuk mendeteksi pergerakan tikus di sekitar taman yang memiliki ukuran 50 cm x 50 cm. PIR diletakkan 5 cm di atas permukaan tanah agar dapat mendeteksi benda hidup yang memiliki suhu salah satunya tikus [9]. Pengujian ini dilakukan sebanyak 4 kali dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 10.

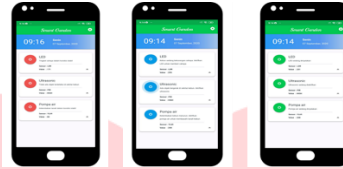
Tabel 10. Hasil Pengujian PIR

Luas Jangkauan Deteksi	Status
200 cm x 120 cm	Not Detected
160 cm x 110 cm	Not Detected
152 cm x 84 cm	Detected

3.2 Hasil Pembacaan Sensor pada Aplikasi *Smart Garden*

Aplikasi *Smart Garden* tidak hanya memungkinkan pengguna untuk melihat kondisi tiap sensor, tapi juga dapat melakukan perintah ke komponen elektronik yang terintegrasi dalam perangkat *Smart Garden*. Aplikasi *Smart Garden* memiliki tiga buah status berdasarkan kondisi pembacaan masing-masing sensor, yaitu *standby*,

waiting, dan *on*. Status *standby* menandakan kondisi pembacaan tiap sensor masih berada di angka yang normal dan ditandai dengan warna merah pada aplikasi. Status *waiting* yang ditandai dengan warna biru menunjukkan kondisi dimana sebuah sensor membaca nilai yang mencapai nilai *trigger* dan menunggu konfirmasi pengguna untuk mengaktifkan perangkat elektronik. Status *on* merupakan kondisi dimana perangkat elektronik seperti pompa air, lampu, atau ultrasonik sedang menyala dan ditandai dengan warna hijau pada aplikasi. Tampilan ketiga status tersebut dapat dilihat pada gambar 11.



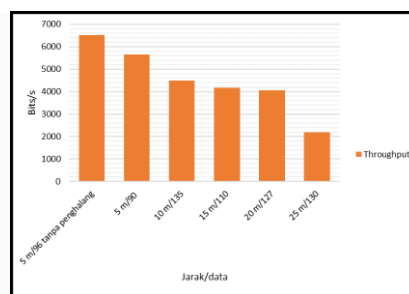
Gambar 11. Tampilan Ketiga Status pada Aplikasi Smart Garden

3.3 Pengujian QoS

Pengujian keempat parameter QoS dilakukan dengan enam buah skenario dimana setiap skenario memiliki jarak yang berbeda-beda. Jarak yang digunakan adalah 5 meter tanpa penghalang, 10 meter, 15 meter, 20 meter, 25 meter dan 5 meter dengan penghalang. Kelima jarak tersebut dipilih karena pada jarak tersebut *access point* masih dapat terhubung dengan perangkat *Smart Garden*. Pengujian QoS menggunakan *software Wireshark* yang dijalankan selama 3 menit.

3.3.1 Throughput

Pada tahap ini dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai *throughput* pada alat dalam mengirim atau mengunggah data ke *firebase*. Perolehan nilai *throughput* untuk masing-masing jarak dapat dilihat pada gambar 12.

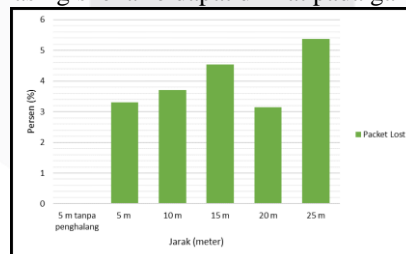


Gambar 12. Hasil Pengujian Throughput

Berdasarkan gambar 12, nilai *throughput* paling tinggi berada pada jarak 5 meter yaitu pada skenario pengujian pertama. Jadi semakin jauh jangkauan alat terhadap *access point* maka nilai *throughput* semakin kecil.

3.3.2 Packet Loss

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai *packet loss* dalam proses mengirim data dari alat ke *firebase*. Perolehan nilai *packet loss* masing-masing skenario dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Hasil Pengujian Packet Loss

Mengacu pada gambar 13, dapat dilihat persentase paling tinggi *packet loss* pada setiap skenario pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa, semakin jauh jarak jangkauan alat terhadap *access point*, maka semakin besar persentase *packet loss*.

3.3.3 Delay

Delay merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mengirim sebuah paket / data untuk sampai pada tujuan. Pada tahap ini dilakukan perhitungan *delay* yang diperlukan alat untuk mengunggah / mengirim nilai yang terbaca oleh sensor ke *firebase* dengan jarak tertentu. Hasil pengujian *delay* untuk masing-masing skenario dapat dilihat pada tabel

Tabel 11. Hasil Pengujian *Delay*

Jarak Pengujian	Nilai Rata-rata <i>Delay</i>
5 m (tanpa penghalang)	0.237 s
10 m	0.403 s
15 m	0.535 s
20 m	0.949 s
25 m	1.164 s
5 m (dengan penghalang)	0.228 s

Berdasarkan tabel 11, didapatkan nilai *delay* paling tinggi ada pada skenario pengujian kelima yaitu jarak 25 m. Jadi semakin jauh jangkauan alat terhadap *access point* maka semakin tinggi nilai *delay*.

3.3.4 Jitter

Pengujian ini dilakukan untuk menghitung nilai *jitter* yang terjadi pada saat proses pengiriman data dari alat menuju ke *firebase*. Hasil pengujian *jitter* untuk masing-masing skenario dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Hasil Pengujian *Jitter*

Jarak Pengujian	Nilai Rata-rata <i>Jitter</i>
5 m (tanpa penghalang)	4.2×10^{-5} s
10 m	9.32×10^{-4} s
15 m	2.04×10^{-6} s
20 m	1.89×10^{-6} s
25 m	7.41×10^{-4} s
5 m (dengan penghalang)	1.2×10^{-5} s

3.4 Analisis Umum

Pengujian QoS dilakukan dengan mengukur empat parameter yaitu: *throughput*, *packet loss*, *delay*, serta *jitter*. Untuk mengukur empat parameter tersebut alat diletakkan sejauh 5 m terhadap *access point*, karena jarak taman pada *access point* sejauh 5 m tanpa penghalang. Dari hasil pengukuran didapatkan nilai *throughput* sebesar 6530 bit/s, nilai *packet loss* sebesar 0 %, nilai rata-rata *delay* 0.237 s, dan rata-rata nilai *jitter* 4.2×10^{-5} s. Selain pengukuran jarak sejauh 5 m, dilakukan juga pengukuran dengan jarak 10 m, 15 m, 20 m, 25 m, serta 5 meter dengan adanya penghalang. Dari hasil semua pengujian skenario untuk nilai *throughput*, semakin jauh jangkauan alat terhadap *access point* maka nilainya semakin kecil. Untuk pengujian *packet loss*, semakin jauh jangkauan alat terhadap *access point* maka persentase *packet loss* semakin besar. Untuk pengujian *delay*, semakin jauh jangkauan alat terhadap *access point* maka *delay* semakin tinggi. Dari hasil pengukuran parameter QoS, didapatkan nilai paling tinggi ada pada skenario kelima yakni dengan jarak 25 m.

4 Kesimpulan

Sistem *Smart Garden* yang dirancang untuk melakukan *monitoring* dan *controlling* dapat bekerja sesuai dengan apa yang diharapkan, yaitu mampu memantau intensitas cahaya dan memantau kelembaban tanah. Selain itu, aplikasi *Smart Garden* sudah bekerja dengan baik dengan berhasil menampilkan nilai dari setiap sensor. Aplikasi *Smart Garden* dapat dikendalikan oleh pengguna, yakni pengguna mendapatkan notifikasi untuk menyalakan komponen elektronik yang terhubung pada alat *Smart Garden*. Tentunya keberadaan alat ini sangat membantu aktivitas manusia dalam melakukan perawatan tanaman. Berdasarkan hasil pengujian dan pengukuran QoS, jarak dan kondisi lingkungan sekitar sangat mempengaruhi hasil pengujian. Pada pengujian QoS, kualitas jaringan paling bagus terdapat pada skenario pertama yaitu pada jarak 5 meter tanpa penghalang dengan nilai *throughput* 6530 bit/s, *packet loss* 0 %, *delay* 0.237 s, *jitter* 4.2×10^{-5} s.

Daftar Pustaka:

- [1] S. N. Ishak, N. N. N. Abd Malik, N. M. Abdul Latiff, N. Effiyana Ghazali, and M. A. Baharudin, "Smart home garden irrigation system using Raspberry Pi," in *2017 IEEE 13th Malaysia International*

- Conference on Communications, MICC 2017*, 2018, vol. 2017-Novem, no. Micc, pp. 101–106, doi: 10.1109/MICC.2017.8311741.
- [2] M. A. Muhtasim, S. Ramisa Fariha, and A. M. Or nab, “Smart garden automated and real time plant watering and lighting system with security features,” *2018 Int. Conf. Comput. Power Commun. Technol. GUCON 2018*, pp. 676–679, 2019, doi: 10.1109/GUCON.2018.8675077.
- [3] P. Tangtisanon, “Android-based gardening robot with fuzzy variable set model,” *ECTI-CON 2017 - 2017 14th Int. Conf. Electr. Eng. Comput. Telecommun. Inf. Technol.*, pp. 722–725, 2017, doi: 10.1109/ECTICon.2017.8096340.
- [4] Y. Hari, Y. A. K. Utama, and A. Budijanto, “Pengembangan Sistem Kendali Cerdas dan Monitoring Pada Budidaya Buah Tomat,” *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap. V*, pp. 151–156, 2017.
- [5] W. Sintia, D. Hamdani, and E. Risdianto, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Kelembaban Tanah dan Suhu Udara Berbasis GSM SIM900A DAN ARDUINO UNO,” *J. Kumparan Fis.*, vol. 1, no. 2, pp. 60–65, 2018, doi: 10.33369/jkf.1.2.60-65.
- [6] F. S. R. Paulus Damar Bayu Murti, Abe Susanto, Ocky Karna Radjasa, “Pengaruh Spektrum Cahaya Tampak Terhadap Laju Fotosintesis Tanaman Air Hydrilla Verticillata,” no. 2000, pp. 1–5, 2008.
- [7] D. Darmawan, “Identifikasi Miskonsepsi Siswa Pada Konsep Fotosintesis dan Respirasi Tumbuhan,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [8] S. Ahadiyah, Muharnis, and Agustawan, “Implementasi Sensor PIR pada Peralatan Elektronik Berbasis Mikrokontroler,” *J. Invotek Polbeng*, vol. 07, no. 1, pp. 29–34, 2017.
- [9] J. Waworundeng, L. D. Irawan, and C. A. Pangalila, “Implementasi Sensor PIR sebagai Pendeteksi Gerakan untuk Sistem Keamanan Rumah menggunakan Platform IoT,” *CogITO Smart J.*, vol. 3, no. 2, p. 152, 2017, doi: 10.31154/cogito.v3i2.65.152-163.
- [10] W. J. Li, C. Yen, Y. S. Lin, S. C. Tung, and S. M. Huang, “JustIoT Internet of Things based on the Firebase real-time database,” *Proc. - 2018 IEEE Int. Conf. Smart Manuf. Ind. Logist. Eng. SMILE 2018*, vol. 2018-Janua, pp. 43–47, 2018, doi: 10.1109/SMILE.2018.8353979.
- [11] Toni Haryanto, “Membuat Aplikasi Android Berbasis HTML5 dengan Cordova - CodePolitan.com.” <https://www.codepolitan.com/membuat-aplikasi-android-berbasis-html5-cordova> (accessed Sep. 25, 2020).
- [12] S. V. Parvati, K. Thenmozhi, P. Praveenkumar, S. Sathish, and R. Amirtharajan, “IoT Accelerated Wi-Fi Bot controlled via Node MCU,” *2018 Int. Conf. Comput. Commun. Informatics, ICCCI 2018*, pp. 2018–2020, 2018, doi: 10.1109/ICCCI.2018.8441215.
- [13] A. A. Rafiq and S. D. Riyanto, “Smart Garden Menggunakan Arduino Uno Dan LabView,” *Proceeding Semnasvotek*, vol. 2, pp. 130–136, 2017, [Online]. Available: <http://eproceeding.undiksha.ac.id/index.php/semnasvotek/article/view/705>.
- [14] ETSI, “Telecommunication and Internet Protocol Harmonization Over Network ; General aspects of Quality of Service,” *Etsi Tr 101 329 V2.1.1*, vol. 1, pp. 1–37, 1999, [Online]. Available: http://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/101300_101399/101329/02.01.01_60/tr_101329v020101p.pdf.
- [15] A. Abdullah, S. Al Enazi, and I. Damaj, “AgriSys: A smart and ubiquitous controlled-environment agriculture system,” *2016 3rd MEC Int. Conf. Big Data Smart City, ICBDS 2016*, pp. 306–311, 2016, doi: 10.1109/ICBDSC.2016.7460386.
- [16] B. Siregar, S. Efendi, H. Pranoto, R. Ginting, U. Andayani, and F. Fahmi, “Remote monitoring system for hydroponic planting media,” *2017 Int. Conf. ICT Smart Soc. ICISS 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/ICTSS.2017.8288884.