

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Internet of Things pada pertanian cerdas

Internet of Things (IoT) merujuk pada jaringan entitas fisik (perangkat, mesin, atau objek keras lainnya) yang ditanamkan dengan sensor, perangkat lunak, serta teknologi konektivitas yang memungkinkan objek-objek tersebut terhubung dan saling bertukar data melalui jaringan internet. Dalam arsitektur komputasi modern, *IoT* memfasilitasi komunikasi antara mesin dengan mesin (M2M - *Machine to Machine*) tanpa memerlukan intervensi manusia secara konstan. Sistem *IoT* secara umum beroperasi melalui siklus pengumpulan data lingkungan (melalui sensor), transmisi data (melalui protokol jaringan), pemrosesan atau komputasi analitik (pada mikrokontroler atau *cloud*), dan eksekusi tindakan mekanis (melalui aktuator).

Sektor agrikultur tradisional umumnya sangat bergantung pada insting, pengalaman empiris petani, dan jadwal manual dalam mengelola lahan, seperti menentukan waktu penyiraman atau pemupukan. Pendekatan konvensional ini memiliki kelemahan signifikan saat dihadapkan pada perubahan iklim dan anomali cuaca, yang sering kali berujung pada pemborosan sumber daya (air dan listrik).

Internet of Things (IoT) adalah teknologi yang memungkinkan sensor, perangkat lunak, dan teknologi komunikasi untuk saling bertukar data melalui jaringan internet. Dalam sektor agrikultur, implementasi IoT melahirkan konsep Pertanian Cerdas (*Precision Farming*). Konsep ini berfokus pada pengumpulan data lingkungan secara *real-time* untuk mengoptimalkan proses pengambilan

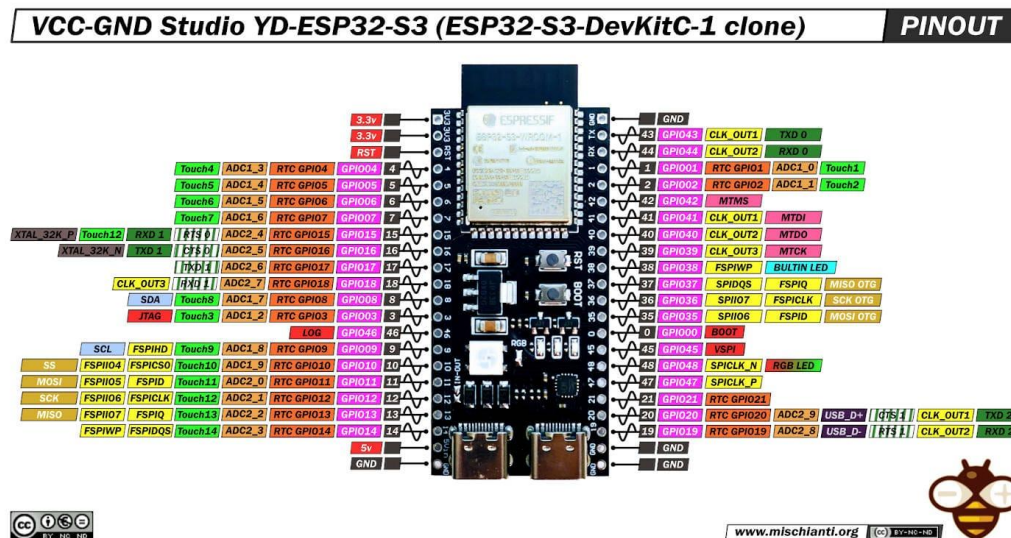
keputusan, meminimalkan penggunaan sumber daya (air, pupuk, pestisida), dan memaksimalkan hasil panen (Tzounis et al., 2017). Penggunaan IoT memungkinkan otomatisasi penyiraman bergeser dari sistem berbasis jadwal tetap menjadi sistem berbasis kondisi aktual lapangan.

2.2 Mikrokontroller ESP32-S3



Gambar 2.1 Mikrokontroller ESP32-S3

Gambar 2.1 adalah gambar fisik ESP32-S3 yang merupakan mikrokontroler *System-on-a-Chip* (SoC) dikembangkan oleh Espressif Systems. Chip ini menggunakan arsitektur prosesor *dual-core* Xtensa 32-bit LX7 yang beroperasi pada frekuensi hingga 240 MHz (Espressif Systems, 2024). Keunggulan utama ESP32-S3 untuk aplikasi IoT adalah terintegrasinya modul komunikasi nirkabel Wi-Fi 2.4 GHz (802.11 b/g/n) dan Bluetooth 5 (LE) di dalam satu silikon. Kemampuan komputasi yang tinggi memungkinkan ESP32-S3 untuk bertindak sebagai *edge computing node*, yang tidak hanya mengakuisisi data dari sensor analog lokal, tetapi juga melakukan enkripsi data dan menangani protokol komunikasi web (HTTP/HTTPS) secara simultan tanpa memerlukan komputasi server eksternal (Kurniawan, 2018).



Gambar 2.2 Pin Out ESP32-S3

Gambar 2.2 Menampilkan bentuk fisik dan pin out dari papan ESP32-S3 lengkap dengan modul Wi-Fi/Bluetooth, tombol Reset (RST) & BOOT, lampu RGB LED, serta dua buah port USB Type-C.

2.3 Capacitive Soil Moisture Sensor (Sensor Kelembaban Tanah)



Gambar 2.3 Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2

Gambar 2.3 merupakan gambar fisik Sensor *soil moisture* yang merupakan sebuah sensor yang dapat mengukur kadar air atau kelembaban tanah. Pengaplikasian sensor ini biasa digunakan pada suatu tanaman, tidak boleh terlalu

lembab atau kering, sehingga kita membutuhkan adanya alat yang dapat mengukur kelembaban tanah.

Pengukuran kadar air dalam tanah merupakan parameter utama dalam sistem penyiraman. Terdapat dua jenis sensor kelembaban tanah yang umum digunakan: resistif dan kapasitif. Sensor resistif mengukur resistansi listrik antara dua elektroda yang ditancapkan ke tanah; namun, sensor ini sangat rentan terhadap korosi dan elektrolisis, sehingga memiliki umur pakai yang pendek (García et al., 2020).

Penelitian ini menggunakan *Capacitive Soil Moisture Sensor*. Sensor kapasitif mengukur permitivitas dielektrik dari medium di sekitarnya. Karena air memiliki konstanta dielektrik yang jauh lebih tinggi (sekitar 80) dibandingkan tanah kering (sekitar 2-6), perubahan volume air dalam tanah akan mengubah nilai kapasitansi sensor secara proporsional. Elektroda pada sensor kapasitif dilapisi oleh bahan isolator (seperti *solder mask* pada PCB), sehingga tidak bersentuhan langsung dengan tanah dan membuatnya tahan terhadap korosi, sangat ideal untuk penggunaan jangka panjang di lahan pertanian.

2.3.1 Cara Kerja Sensor

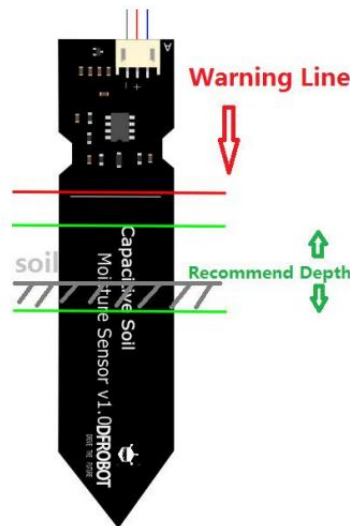
Probe berbentuk garpu dengan dua konduktor terbuka, bertindak sebagai resistor variabel (seperti potensiometer) yang resistansinya bervariasi sesuai dengan kadar air di dalam tanah.

Resistansi ini berbanding terbalik dengan kelembaban tanah:

1. Semakin banyak air dalam tanah berarti konduktivitas yang lebih baik dan akan menghasilkan resistansi yang lebih rendah.

2. Semakin sedikit air dalam tanah berarti konduktivitas yang buruk dan akan menghasilkan resistensi yang lebih tinggi.

2.3.2 Bagian Sensor



Gambar 2.4 Bagian Penguji yang ditancapkan pada media (tanah)

Pada Gambar 2.4 Sensor kelembaban tanah memiliki dua komponen utama.

1. Bagian Penguji

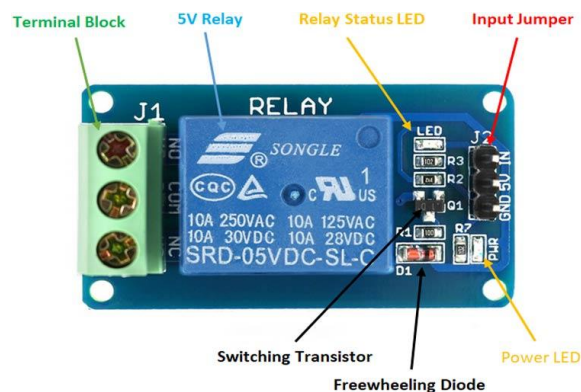
Bagian Sensor untuk menguji berupa konduktor terbuka yang masuk ke tanah atau di tempat lain di mana kadar air akan diukur. Ia bertindak sebagai resistor variabel yang resistansinya bervariasi sesuai dengan kelembaban tanah.

2. Bagian Modul

Bagian Kedua Adalah modul elektronik yang menghubungkan probe ke Arduino. Modul menghasilkan tegangan output sesuai dengan resistansi bagian penguji dan tersedia pada pin Analog Output (AOut). Pengguna dapat mengatur ambang batas. Sehingga ketika kadar air melebihi nilai ambang batas, modul akan mengeluarkan *output LOW*, jika sebaliknya *HIGH*. Pengaturan ini sangat berguna

ketika Anda ingin memicu tindakan ketika ambang batas tertentu tercapai. Misalnya, ketika tingkat kelembaban di tanah melewati ambang batas, Anda dapat mengaktifkan relai untuk mulai memompa air.

2.4 Relay Single-Channel



Gambar 2.5 Relay

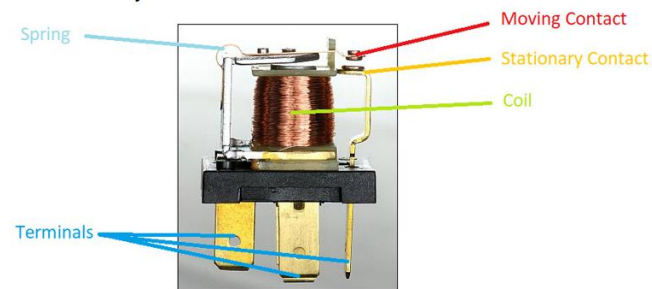
Gambar 2.5 merupakan bentuk fisik dari relay *single channel*. Relay adalah saklar (*switch*) yang dioperasikan secara listrik. Berbeda dengan saklar dinding biasa yang harus ditekan secara manual oleh tangan manusia, relay bekerja menggunakan prinsip elektromagnetik untuk membuka atau menutup kontak sirkuit secara otomatis. Secara sederhana, relay memungkinkan sirkuit dengan **arus kecil** (misalnya dari mikrokontroler atau sensor) untuk mengontrol sirkuit lain yang memiliki **arus/tegangan jauh lebih besar** (misalnya lampu PLN, motor listrik, atau pemanas).

2.4.1 Spesifikasi Relay

- Suplai Tegangan : 3,3 V – 6 V
- Arus saat diam : 2mA
- Arus saat relai aktif : $\sim 70mA$

- Tegangan kontak maksimum relay : 250 VAC / 10 VDC
- Arus maksimum relay : 10 A

2.4.2 Cara Kerja Relay

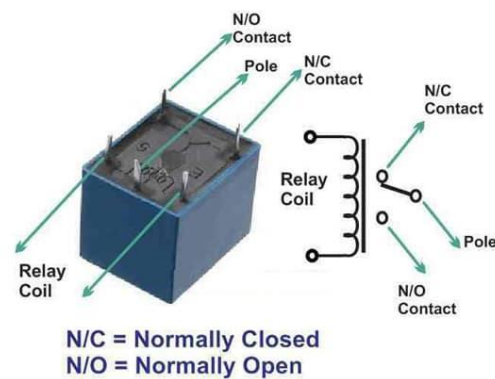


Gambar 2.6 Bagian dalam Relay

Seperti pada Gambar 2.6 Relay terdiri dari dua bagian utama: Koil (Gulungan kawat) dan Kontak Saklar.

1. Ketika arus listrik mengalir melalui koil, tercipta medan magnet (elektromagnet).
2. Medan magnet ini menarik lengan besi fleksibel yang disebut *Armature*.
3. Pergerakan *armature* ini akan mengubah posisi kontak saklar (dari terbuka menjadi tertutup, atau sebaliknya).

2.4.3 Bagian-bagian Relay



Gambar 2.7 Pin Out Relay

Gambar 2.7 menunjukkan bagian-bagian relay. Ada tiga terminologi utama pada kontak saklar relay:

- COM (Common): Bagian yang tersambung dengan alat yang akan dikontrol.
- NC (Normally Closed): Saklar dalam posisi tersambung saat relay tidak diberi listrik (mati).
- NO (Normally Open): Saklar dalam posisi terputus saat relay tidak diberi listrik. Saklar baru akan menyambung jika relay dinyalakan.

2.5 Pompa DC mini



Gambar 2. 8 Pompa DC mini

Gambar 2.8 adalah Pompa air DC mini 5V yang merupakan perangkat pompa celup atau non-celup yang dirancang untuk memindahkan air dalam skala kecil.

2.5.1 Jenis – jenis Pompa DC Mini

Ada dua tipe utama :

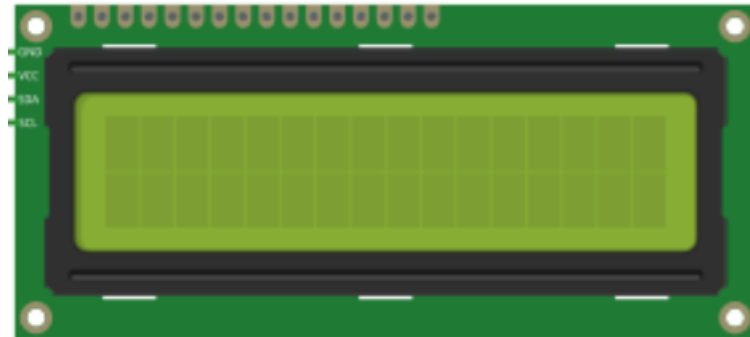
- Submersible Pump (Pompa Celup): Seluruh badan pompa harus dimasukkan ke dalam air agar dapat bekerja. Jika dinyalakan dalam kondisi kering terlalu lama, motor bisa cepat panas dan rusak.
- Non-Submersible (In-line): Pompa diletakkan di luar wadah air dan menggunakan selang input serta output.

2.5.2 Spesifikasi Umum

Meskipun ada berbagai merk, spesifikasi rata-rata pompa DC 5V adalah:

- Tegangan Kerja: 3V hingga 5V DC.
- Arus Listrik: 100mA – 200mA (tergantung beban).
- Kapasitas Aliran (Flow Rate): 80 – 120 Liter/Jam.
- Ketinggian Angkat (Water Head): 30cm – 100cm.
- Diameter Output: 6mm – 7.5mm.
- Material: Plastik ABS (tahan korosi).

2.6 LCD I2C 2x16



Gambar 2.9 LCD 16x2 I2C

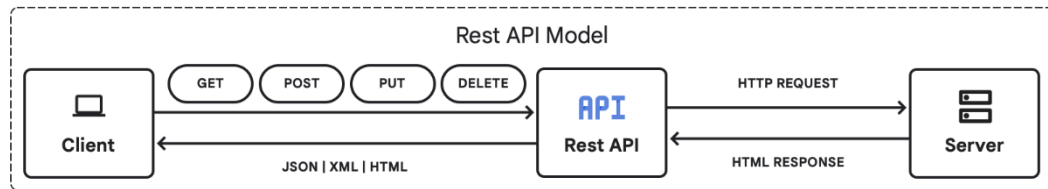
Gambar 2.9 merupakan tampilan fisik LCD (Liquid Crystal Display), adalah teknologi panel datar yang menggunakan sifat optik dari kristal cair untuk menghasilkan gambar atau karakter. LCD adalah perangkat output paling standar untuk menampilkan informasi tanpa harus terhubung ke komputer.

2.6.1 Prinsip Kerja Dasar LCD

LCD tidak memancarkan cahaya sendiri (berbeda dengan LED atau OLED). Ia bekerja dengan cara memblokir atau melewatkan cahaya dari lampu latar (*backlight*).

- **Lampu Latar (Backlight):** Sumber cahaya (biasanya LED putih) di lapisan paling belakang.
- **Kristal Cair:** Cairan yang molekulnya bisa berubah orientasi saat diberi tegangan listrik.
- **Polarizer:** Filter yang hanya melewatkan cahaya dengan arah getar tertentu. Saat kristal cair "terpelintir" oleh listrik, cahaya akan dibelokkan sehingga bisa menembus filter polarizer kedua dan terlihat sebagai titik gelap atau terang di layar.

2.7 RESTful API dan OpenWeatherMap



Gambar 2.10 REST API Model

Gambar 2.10 merupakan contoh komunikasi antar aplikasi melalui internet. *Application Programming Interface* (API) adalah antarmuka komputasi yang menjembatani komunikasi antar sistem perangkat lunak. REST API (Representational State Transfer Application Programming Interface) adalah salah satu standar arsitektur komunikasi berbasis web yang paling banyak digunakan saat ini untuk menghubungkan satu aplikasi dengan aplikasi lainnya.

2.7.1 Cara Kerja REST API (Metode HTTP)

REST API beroperasi menggunakan protokol HTTP, sama seperti saat mengetikkan alamat web di browser. REST menggunakan metode HTTP khusus untuk melakukan operasi dasar yang sering disebut CRUD (*Create, Read, Update, Delete*):

- a. GET (Read): Digunakan untuk mengambil atau membaca data dari server. (Contoh: Mengambil daftar profil pengguna).
- b. POST (Create): Digunakan untuk mengirim data baru ke server. (Contoh: Mendaftar akun baru).
- c. PUT / PATCH (Update): Digunakan untuk memperbarui data yang sudah ada di server. (Contoh: Mengganti foto profil).
- d. DELETE (Delete): Digunakan untuk menghapus data dari server. (Contoh: Menghapus postingan).

Pada penelitian sistem ini menggunakan arsitektur REST (*Representational State Transfer*) untuk meminta data probabilitas curah hujan ke server layanan pihak ketiga, yaitu OpenWeatherMap. Komunikasi dilakukan melalui metode *HTTP GET Request* (Navarro-Hellín et al., 2016).

Server OpenWeatherMap merespons permintaan tersebut dengan mengirimkan struktur data menggunakan format JSON (*JavaScript Object Notation*). JSON merupakan format pertukaran data yang ringan dan mudah dibaca. Untuk mengekstrak parameter spesifik dari struktur JSON yang panjang (seperti parameter probabilitas curah hujan), mikrokontroler memerlukan pustaka perangkat lunak tambahan. Pustaka ArduinoJson digunakan karena mampu melakukan proses deserialisasi (pemisahan data) memori secara efisien pada sistem mikrokontroler yang memiliki kapasitas RAM (SRAM) terbatas (Blanchon, 2023).

2.8 *Quality of Service (QoS)*

Quality of Service merupakan suatu arsitektur atau mekanisme dalam jaringan komputer yang berfungsi untuk menentukan tingkat keandalan, stabilitas, dan performa dari proses transmisi data secara keseluruhan (Kurose J.). Berdasarkan standarisasi yang dirilis oleh *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI), QoS didefinisikan sebagai efek kolektif dari performa layanan yang menentukan tingkat kepuasan pengguna terhadap pemanfaatan suatu layanan jaringan (ETSI TS 101 329-3 V2.1.1).

Pada implementasi sistem *Internet of Things* (IoT), analisis QoS menjadi parameter yang sangat krusial untuk mengevaluasi kemampuan infrastruktur jaringan nirkabel dalam melayani komunikasi data antar-perangkat tersemat (*embedded system*) menuju peladen (*cloud server*) (A. S. Tanenbaum, 2021).

Ketidakstabilan performa jaringan dapat mengakibatkan terganggunya siklus eksekusi program pada mikrokontroler, terutama pada sistem yang mengadopsi metode fusi data eksternal yang menuntut pasokan informasi secara berkala (R. Fielding and J. Reschke, 2014).

2.8.1 Parameter kinerja jaringan QoS

Untuk mengukur dan menilai kualitas dari suatu jaringan komputer terdapat empat parameter fundamental yang digunakan berdasarkan standarisasi TIPHON.

1. Delay (latensi)

Delay merupakan waktu yang digunakan oleh suatu paket data untuk melakukan perjalanan dari titik asal (Source) menuju titik tujuan (Destination) melewati media transmisi atau arsitektur jaringan tertentu. Di dalam protokol *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP), *delay* dihitung sejak baris perintah *HTTP GET Request* dilepaskan oleh klien hingga *HTTP 200 OK Response* beserta seluruh beban data (*payload*) diterima secara utuh (R. Fielding and J. Reschke, 2014). Secara matematis, nilai rata-rata *delay* ($\bar{D}$) dari sejumlah sampel dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^N D_i}{N}$$

Dimana D_i melambangkan nilai delay pada sampel data ke- i , dan N menyatakan jumlah sampel data yang diamati selama pengujian.

2. Jitter (Variasi Delay)

Jitter didefinisikan sebagai tingkat fluktuasi atau variasi interval waktu kedatangan (*delay*) antar-paket data yang berurutan pada sisi penerima (ITU-T, 2001). Nilai *jitter* yang tinggi mengindikasikan bahwa jaringan mengalami

masalah kongesti (kepadatan lalu lintas data), interferensi sinyal frekuensi radio pada media nirkabel, atau adanya perubahan rute paket data (*routing*) secara dinamis (A. S. Tanenbaum, 2021). Persamaan matematis yang digunakan untuk menghitung nilai *jitter* (J) merujuk pada standar ITU-T adalah:

$$J = \frac{\sum_{i=2}^N |D_i - D_{i-1}|}{N - 1}$$

Dimana $|D_i - D_{i-1}|$ menyatakan nilai selisih mutlak antara *delay* paket data saat ini dengan *delay* paket data sebelumnya.

3. Packet Loss

Packet loss melambangkan suatu kondisi yang menunjukkan adanya sejumlah paket data yang gagal mencapai titik tujuan selama proses transmisi berlangsung (Kurose J.). Parameter ini umumnya dinyatakan dalam bentuk persentase. Faktor utama terjadinya *packet loss* meliputi interferensi gelombang elektromagnetik, kegagalan fisik perangkat keras jaringan, buffer memori yang penuh pada *router*, atau terjadinya tabrakan paket data (*packet collision*) (ITU-T, 2001). Formulasi untuk menghitung persentase *packet loss* dapat dinyatakan melalui persamaan berikut:

$$Packet\ Loss = \left(\frac{P_{kirim} - P_{terima}}{P_{Kirim}} \right) \times 100\%$$

Dimana P_{kirim} adalah total paket yang ditransmisikan oleh pengirim, dan P_{terima} adalah total paket yang berhasil diverifikasi oleh penerima.

4. Throughput

Throughput merupakan laju kecepatan transfer data aktual (*real bandwidth*) yang berhasil mengalir melalui media komunikasi jaringan dalam satu satuan waktu

tertentu (Kurose J.). Berbeda dengan kapasitas *bandwidth* yang merepresentasikan batas teoritis maksimal dari suatu jalur komunikasi, *throughput* mencerminkan kinerja riil yang diperoleh aplikasi saat sistem sedang beroperasi secara aktif (A. S. Tanenbaum, 2021). Nilai *throughput* dipengaruhi oleh ukuran *header* protokol (*overhead*) serta kualitas parameter QoS lainnya. Persamaan untuk menentukan nilai *throughput* adalah:

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah data yang diterima (bit)}}{\text{Waktu transmisi (sekon)}}$$

2.8.2 Klasifikasi Kualitas Jaringan Standar TIPHON

Standardisasi TIPHON melalui dokumen regulasi resmi ETSI TR 101 329 mengklasifikasikan performa jaringan ke dalam empat kategori kualitas, yaitu Sangat Bagus (*Excellent*), Bagus (*Good*), Sedang (*Fair*), dan Kurang (*Poor*). Batasan ambang batas (*threshold*) dari masing-masing parameter dikelompokkan secara mendetail pada Tabel 2.1 berikut :

Tabel 2. 1 Klasifikasi kualitas parameter QoS menurut standar TIPHON

Indeks Kategori	Rentang Delay (ms)	Rentang jitter (ms)	Rentang packet Loss (%)	Troughput
Sangat bagus	< 150	0	0	>2,1 Mbps
Bagus	150 s. d 300	0 s. d 75	3	1200 – 2,1 Mbps
Sedang	300 s. d 400	75 s. d 125	15	700 – 1200 kbps
Kurang	> 400	> 125	25	338 –700 kbps
Sangat Jelek	-	-	-	0 – 338 kbps

2.9 Penelitian Terkait

Penelitian tentang rancang bangun prototipe sistem penyiraman cerdas berbasis internet of things (IoT) ini telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, dengan penggunaan komponen dan variabel yang berbeda. Hasil dari penelitian tersebut dituliskan ke dalam jurnal yang dapat dijadikan sebagai referensi atau rujukan sebagai pembanding dan acuan juga dalam penelitian yang sedang dilakukan.

Tabel 2. 2 Beberapa Peneltian yang Telah dilakukan dan Terkait dengan Tema Penelitian yang akan Dilakukan

No	Judul Jurnal	Nama Peneliti	Tempat dan Tahun Penelitian	Pembahasan Jurnal
1	Sistem Monitoring Penyiraman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Soil Moisture pada Tanaman Melon	Fathurrohman, Tio Prasetya, Iin, & Mulyawan	STIMIK IKMI CIREBON, 2024.	Penelitian ini membuat Sistem Monitoring Penyiraman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Soil Moisture pada Tanaman Melon, dengan menggunakan mikrokontroller NodeMCU ESP8266, Soil Moisture Sensor, Sensor pH Air, system akan menyalakan Pompa actuator untuk menyiram tanaman sesuai hasil pembacaan sensor.

2	Sistem Irigasi Otomatis Berbasis Sensor Kelembaban Tanah Pada Tanaman Cabai menggunakan ESP32.	Sri Lestari, Taufiq Fadly Ramadhan, Anggit Hardiyanto, Pramono.	Teknik Komputer, Universitas Duta Bangsa Surakarta, 2025.	Penelitian ini membuat Sistem Irigasi Otomatis Berbasis Sensor Kelembaban Tanah Pada Tanaman Cabai menggunakan ESP32. Hasil pengujian menunjukkan bahwa presentase dibawah 50% pompa akan otomatis hidup dan jika diatas 50% maka pompa akan otomatis mati sistem dapat bekerja secara responsif terhadap perubahan kadar air dalam tanah, serta mampu mengatur penyiraman secara efisien tanpa keterlibatan langsung dari pengguna (Sri Lestari et al., 2025)
3	Alat Penyiram Tanaman Berbasis IoT Menggunakan Node MCU ESP8266.	Wahyu aji pulungan, Allwine.	Program Studi Ilmu Komputer, FMIPA Universitas Lampung, 2024.	Pada penelitian ini telah dirancang Alat Penyiram Tanaman Berbasis IoT dengan menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrolkontroller utama. Sensor akan mengirimkan data ke NodeMCU, apabila terdeteksi bahwa kelembaban tanah berada pada nilai 40%, alat penyiram tanaman otomatis akan mati. Dari data hasil pengamatan pada pukul 19.00 dan 20.00, saat kondisi kelembaban diangka 25% - 39%, pompa air menyala. Kemudian, pada pukul 22.13 terdeteksi tingkat

				kelembaban diangka 50%, pompa air dalam kondisi mati. Pompa air akan menyiram tanaman secara terus-menerus sampai mendeteksi kelembaban tanah normal. Data kelembaban tanah ditampilkan pada LCD 16x2 sebagai display kondisi terkini dari kelembaban tanah. Kondisi terkini juga dapat dipantau melalui aplikasi blynk yang terinstal pada ponsel pintar (android). (Wahyu Aji et al., 2024)
4	Implementasi Sistem Irigasi Otomatis Berbasis IoT dengan Monitoring dan Pengendalian Menggunakan Web Adafruit.	Yakup Yukian Pamungkas, Budi Gunawan.	Universitas Muria Kudus, 2025.	Penelitian ini membuat alat sistem irigasi berbasis IoT dengan web Adafruit IO. Sistem ini berhasil meminimalkan pemborosan air karena penyiraman hanya dilakukan saat tanaman benar-benar membutuhkan, serta memberikan fleksibilitas penuh kepada pemilik lahan untuk memantau kebun mereka dari mana saja selama terhubung dengan internet.

5	Implementasi Sistem Irigasi Berbasis Internet of Things (IoT) Untuk Optimasi Penggunaan Air Pada Pertanian.	Shafly Ulya Haj, Rizal Tjut Adek , Rizki Suwanda.	Teknik Informatika Universitas malikussaleh, 2025.	Pada penelitian ini dibuat alat sistem irigasi berbasis IoT dengan menggunakan mikrokontroller Node MCU ESP8266 yang bertindak sebagai otak pemroses data. Sistem irigasi berbasis IoT ini terbukti mampu menghemat penggunaan air hingga 30% - 50% dibandingkan dengan metode penyiraman tradisional berjadwal.
6	Analisis QoS Menggunakan Standar TIPHON pada Jaringan Wi-Fi SMK Dharma Bahari Surabaya	Tyta ikhlas safitri, Kirana Juwita Putri Rihadian, Naili Dwi Fitria, indana Aulia Zulfa, Ignesia	Pendidikan teknologi Informasi, Universitas Negeri Surabaya, 2025.	Penelitian tersebut bertujuan untuk mengukur dan mengevaluasi kualitas layanan jaringan internet (Wi-Fi) di lingkungan SMK Dharma Bahari Surabaya. Evaluasi ini diimplementasikan untuk mengidentifikasi apakah infrastruktur jaringan yang beroperasi sudah memadai untuk mendukung proses belajar mengajar maupun kegiatan administratif berbasis digital secara optimal dan efisien.

		Dewy Yulia Izzati, I Gusti Lanang Putra Eka Prisma, Mohammad Wildan Habibi.		
--	--	--	--	--

Pengembangan sistem penyiraman cerdas berbasis *Internet of Things* (IoT) telah banyak dieksplorasi dalam berbagai penelitian terdahulu. Meskipun demikian, sebagian besar sistem yang dikembangkan masih berfokus pada otomasi reaktif dan pemantauan jarak jauh, belum mencapai tahap pengambilan keputusan yang prediktif. Studi literatur ini dilakukan untuk meninjau pencapaian penelitian sebelumnya guna mengidentifikasi celah penelitian (*research gap*) yang dapat disempurnakan.

Penelitian yang dilakukan oleh Wahyu Aji Pulungan & Allwine (2024) merancang alat penyiram tanaman berbasis IoT menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Sistem ini berhasil mengotomatisasi penyiraman berdasarkan pembacaan kelembaban tanah secara *real-time*. Namun, batasan pada penelitian ini adalah sistem bersifat murni reaktif; pompa akan langsung menyala sesaat setelah tanah terdeteksi kering tanpa mempertimbangkan kondisi cuaca eksternal. Hal ini berpotensi menyebabkan penyiraman yang berlebihan apabila beberapa saat kemudian terjadi hujan turun secara alami.

Selanjutnya, penelitian dari Lestari, et al. (2025) mengimplementasikan sistem penyiraman otomatis berbasis sensor kelembaban tanah pada tanaman cabai menggunakan mikrokontroler ESP32. Penelitian ini mengunggulkan kemampuan prosesor *dual-core* pada ESP32 untuk pembacaan sensor yang lebih cepat dan stabil. Kelemahan dari desain ini terletak pada fusi data yang masih tunggal, di mana mikrokontroler hanya mengandalkan parameter lokal (fisik tanah) tanpa adanya integrasi dengan data komputasi awan yang dapat memprediksi iklim mikro di sekitar lahan.

Perbedaan dengan penelitian yang sedang dilakukan adalah beberapa komponen yang dipilih dan digunakan dalam penelitian ini. komponen yang digunakan adalah Mikrokontroller ESP32-S3 yang digunakan sebagai otak pemroses data dari sensor kelembaban tanah dan juga data yang dikirimkan dari API Cuaca, selain itu hasil Keputusan dari pemrosesan data ditampilkan pada LCD agar dapat dilihat hasilnya oleh pengguna.

Perbedaan lainnya pada penelitian ini menggunakan data probabilitas curah hujan dari API cuaca untuk memprediksi apakah akan turun hujan atau tidak. Jika tanah kering namun sistem mendapatkan data tidak akan turun hujan maka sistem akan memerintahkan pompa air menyala untuk menyiram tanaman. Tetapi jika tanah kering dan sistem mendapatkan data bahwa akan turun hujan maka sistem akan memerintahkan pompa mati agar tidak mengalirkan air pada tanaman, menghemat penggunaan air dan juga mencegah *overwatering*. Serta dilakukan Analisis QoS pada jaringan komunikasi ESP32-S3 dan web server API Cuaca, untuk mengetahui kualitas layanan dari API Cuaca.