

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teoritis

1. Sistem Penyiraman Otomatis (*Smart Irrigation System*)



Gambar 2. 1 Sistem Penyiram Otomatis

Sumber: <https://www.interkraft.ae/smart-irrigation.html>

Sistem penyiraman otomatis merupakan infrastruktur kendali yang dirancang untuk mengonversi proses irigasi manual yang rentan terhadap kelalaian menjadi sistem yang terprogram dan mandiri. Keberadaan penyiraman tanaman membantu menjamin ketersediaan air walupun lahan jauh dari sumber air (Adi Kusuma et al., 2024). Dalam penerapannya sistem ini memanfaatkan unit pemrosesan mikro seperti ESP32 DEVKIT V1 untuk mengeksekusi pendistribusian air berdasarkan parameter lingkungan yang diukur secara presisi (Wade et al., 2026). Integrasi konsep *Internet of Things* (IoT) pada sistem irigasi pintar (*smart irrigation*) terbukti dapat mengoptimalkan efisiensi penggunaan sumber daya air sekaligus memastikan kebutuhan hidrasi tanaman tetap terpenuhi di tengah fluktuasi cuaca (Azzahra et al., 2025). Lebih jauh, studi yang dipublikasikan oleh (Nsoh et al., 2024) menegaskan bahwa visi pengelolaan air masa depan

sangat bergantung pada sistem irigasi otonom berbasis IoT, di mana sistem mampu mengalokasikan air secara dinamis dan real-time guna merespons defisit kelembapan tanpa intervensi manual, sehingga risiko mortalitas tanaman dapat ditekan secara maksimal di tengah ancaman krisis air.

2. Air mata pengantin (*Antigonon Lectopus*)



Gambar 2. 2 Air mata pengantin

Sumber: <https://www.liputan6.com/hot/read/6272371/cara-menanam-bunga-air-mata-pengantin-dari-biji-tanaman-merambat-yang-indah>

Tanaman air mata pengantin (*Antigonon leptopus*) merupakan tanaman hias merambat dari famili Polygonaceae yang dikenal memiliki pertumbuhan cepat dan menghasilkan bunga berwarna merah muda atau putih yang tumbuh bergerombol. Tanaman ini banyak dimanfaatkan sebagai tanaman hias sekaligus sumber nektar bagi lebah karena mampu berbunga hampir sepanjang tahun (Febrianto et al., 2024). Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh media tanam, metode perbanyakan, serta ketersediaan air yang cukup untuk mendukung perkembangan akar, batang, dan bung (Gaol et al., 2023).

Air mata pengantin memerlukan media tanam yang memiliki drainase baik dan kelembapan yang terjaga agar pertumbuhan vegetatif maupun pembungaan berlangsung optimal. Meskipun cukup toleran penyiraman yang teratur tetap diperlukan, terutama pada tanaman yang dibudidayakan di dalam pot. Oleh karena itu penerapan sistem penyiraman otomatis berbasis sensor kelembapan tanah dapat menjadi solusi untuk menjaga kelembapan tanah 60% dan kelembapan media tanam sesuai kebutuhan tanaman sehingga pertumbuhannya tetap optimal (Ghareeb & Taha, 2018).

3. Lebah Madu Klanceng



Gambar 2. 3 Lebah Madu Klanceng

Sumber: <https://id.pinterest.com/pin/9-extraordinary-facts-about-north-americas-native-bees--303289356162014452/>

Lebah madu klanceng (*Trigona sp.*) adalah kelompok serangga penyerbuk tanpa sengat yang memiliki tingkat ketergantungan absolut terhadap ketersediaan sumber vegetasi di habitatnya. Keberlangsungan hidup vegetasi penghasil resin, polen, dan nektar menjadi faktor paling krusial yang menentukan produktivitas propolis serta madu yang diproduksi oleh suatu koloni (Akbar et al., 2025). Kestabilan iklim mikro khususnya pada indikator suhu lingkungan dan kelembapan, sangat memengaruhi

server cloud untuk menghasilkan keputusan seketika (Kenali et al., 2026). Melalui infrastruktur IoT ini, pembudi daya lebah klanceng tidak lagi diwajibkan untuk meninjau lahan secara fisik setiap saat seluruh kendali penyiraman vegetasi dapat dioperasikan secara jarak jauh, sehingga meminimalisasi *human error* dan memaksimalkan efisiensi manajemen sumber daya air (Vallejo-Gómez et al., 2023). Dengan dukungan *Cloud Computing* dapat memungkinkan untuk membuka data informasi dari internet, menyimpan atau mengambil data yang terhubung satu sama lain (Fandidarma et al., 2021).

a. Sensor Kelembapan Tanah (*Soil Moisture Sensor*)



Gambar 2. 5 Sensor Kelembapan Tanah

Sumber: <https://www.openelectronics.eu/Kondensatorinis-dirvozemio-dregmes-jutiklis>

Sensor kelembapan tanah (*soil moisture sensor*) berfungsi sebagai perangkat masukan (*input device*) yang diimplementasikan secara spesifik untuk mendeteksi tingkat persentase atau kandungan air terlarut di dalam medium tanah. Sensor ini beroperasi dengan mengukur konduktivitas atau hambatan elektrik dari tanah, di mana fluktuasi kelembapan tersebut akan

dikonversi menjadi sinyal analog dan dikirimkan ke mikrokontroler untuk diolah menjadi data persentase yang readable (Denada et al., 2026). Dalam arsitektur irigasi pintar berbasis IoT, pembacaan yang presisi dari sensor ini sangat krusial karena ia bertindak sebagai pemicu (*trigger*) utama yang memberi perintah kepada aktuator (seperti relay pompa) untuk beroperasi, sehingga tanaman dapat terhindar dari risiko kekurangan air maupun pemberian air berlebih atau *overwatering* (Muthuramalingam et al., 2024). Lebih jauh, pemantauan dinamika kelembapan tanah yang diekstraksi dari sensor secara terus-menerus memungkinkan pengelolaan sumber daya air yang jauh lebih efisien dan presisi untuk mendukung pertanian dan budi daya yang berkelanjutan (Nazwa Amelia Purnama et al., 2024)

b. Mikrokontroler ESP 32 Devkit v1



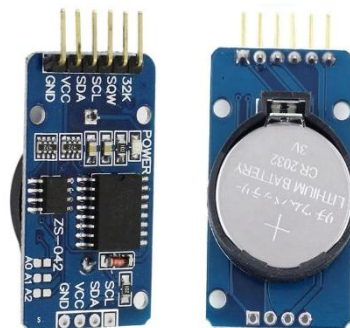
Gambar 2. 6 ESP 32 Devkit v1

Sumber: <https://levelup.gitconnected.com/iot-for-beginners-gentle-introduction-to-the-ESP32 Devkit v1-43f5552b514e>

ESP32 DEVKIT V1 adalah modul mikrokontroler canggih yang dirancang secara khusus untuk mengakomodasi kebutuhan komputasi sistem IoT, berkat integrasi fungsionalitas Wi-Fi dan Bluetooth dual-mode secara on-chip. Mikrokontroler ESP32 DEVKIT V1 dipilih karena

konektivitas Wi-Fi-nya dan kompatibilitasnya dengan berbagai sensor dan actuator (Laksana et al., 2024). Arsitektur mikrokontroler ini menyediakan rentang pin fungsional (*Input/Output*) yang komprehensif, memungkinkannya untuk mengekstraksi dan mengonversi sinyal dari berbagai komponen analog maupun digital tanpa mengalami degradasi kecepatan memori. Mikrokontroler ESP32 DEVKIT V1 berfungsi sebagai pusat kendali sistem yang menerima masukan dari sensor kelembapan tanah dan modul RTC (Marganingsih & Lazuardi, 2026). Keunggulan komparatif ESP32 DEVKIT V1 dibandingkan papan pengendali konvensional terletak pada manajemen konsumsi dayanya yang rendah dipadukan dengan inti pemrosesan *dual-core*, menjadikannya sangat ideal sebagai "otak". Pengujian menunjukkan bahwa sistem ini memiliki waktu respons yang baik, stabilitas tinggi di bawah beban sedang, dan antarmuka yang intuitif untuk pengguna dengan berbagai tingkat keahlian (Sutarsi Suhaeb & Ahmad Risal, 2024).

c. Modul RTC (Real-Time Clock)

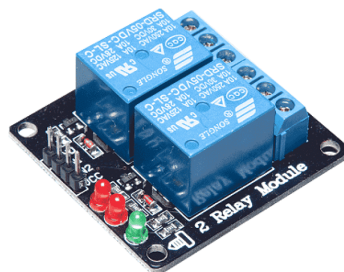


Gambar 2. 7 RTC (*Real Time Clock*)

Sumber: <https://store.ichibot.id/product/rtc-ds3231-ic-at24c32-real-time-clock-i2c-for-arduino-battery/>

Modul RTC (*Real-Time Clock*) adalah modul pewaktuan elektronik yang secara presisi melacak waktu, menit, dan tanggal aktual secara sekuensial. Modul ini umumnya dilengkapi dengan suplai daya cadangan dari baterai *coin cell* (CMOS). Selain itu, penerapan penjadwalan berbasis Real Time Clock (RTC) memberikan kestabilan waktu operasi sistem, sehingga proses penyiraman tidak bergantung sepenuhnya pada koneksi internet (Marganingsih & Lazuardi, 2026). Pada ekosistem penyiram otomatis, modul ini berperan vital untuk mengeksekusi algoritma penjadwalan irigasi harian pada tiga blok waktu spesifik yang telah diinput pengguna (Rohmah et al., 2025). Penggunaan RTC memastikan sistem irigasi tetap beroperasi secara otonom dan disiplin sesuai jadwal yang ditentukan untuk mengontrol volume penyiraman, menjaga akurasi waktu eksekusi meskipun terjadi kegagalan sinkronisasi akibat terputusnya koneksi jaringan nirkabel di area budi daya (Zhang et al., 2025).

d. Relay



Gambar 2. 8 Relay

Sumber: <https://www.progressiveautomations.com/products/lc-200>

Relay merupakan suatu saklar magnet listrik untuk koneksinya. Relay banyak di manfaatkan pada pengendalian yang membutuhkan tegangan yang tinggi dan arus yang kuat. Saklar ini mempunyai kumparan dan pin. Pergerakan lengan kontak mengakibatkan titik-titik kontak relay akan buka dan tutup (Bahar & Hanafi, 2024). Dalam implementasi perangkat keras otomasi irigasi, sinyal keluaran sebesar 3,3 Volt dari pin ESP32 DEVKIT V1 tidak memiliki daya yang cukup untuk memutar mesin aktuator mekanis seperti pompa air secara langsung. Oleh karena itu, relay diposisikan sebagai mediator; secara instan memutus atau mengalirkan arus listrik utama menuju pompa saat menerima logika 'HIGH' atau 'LOW' dari mikrokontroler hal ini yang dapat mempengaruhi ketidak konsistensinya kelembaban pada tanah serta dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan tingkat produksi tanaman (Rayhan Ananta & Riwurohi, 2024). Penggunaan relay menjamin efisiensi umur pakai pompa air sekaligus mencegah terjadinya sirkulasi air berlebih ketika tanah telah mencapai batas kelembapan optimalnya (Kenali et al., 2026).

e. Pompa Air DC 12V



Gambar 2. 9 Pompa Air DC 12V

Sumber: <https://bibitbunga.com/product/pompa-air-high-pressure-dc-12v-mini-diaphragm-pump-tanpa-adaptor/>

Pompa air merupakan aktuator elektromekanis yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi kinetik guna mendistribusikan air dari reservoir ke media tanam. Dalam sistem irigasi otomatis berbasis ESP32 DEVKIT V1, pompa ini berperan sebagai unit eksekusi yang diperintahkan oleh mikrokontroler melalui modul relay, Pompa yang digunakan memiliki kapasitas 5V dengan konsumsi daya yang efisien untuk menyiram tanaman secara tepat (Afdal Bintang Syahputra & Agus Ulinuha, 2025). Penggunaan pompa DC (*Direct Current*) skala kecil sangat efisien karena memiliki konsumsi daya yang rendah namun mampu memberikan debit air yang cukup untuk menjaga kelembapan tanah. Pompa ini memiliki kemampuan memompa air dengan debit yang cukup untuk aplikasi irigasi skala kecil, serta dapat dikendalikan secara otomatis melalui relay (Fabian Nur Rohman et al., 2025). Pengaturan durasi kerja pompa yang presisi sangat krusial guna mencegah kondisi waterlogging atau genangan air berlebih. Hal ini berisiko menyebabkan pemborosan akibat pengisian berlebih, serta menyulitkan pengguna dalam memastikan ketersediaan air secara *real-time* (Aryo W et al., 2025).

f. Keypad Matriks 4x4

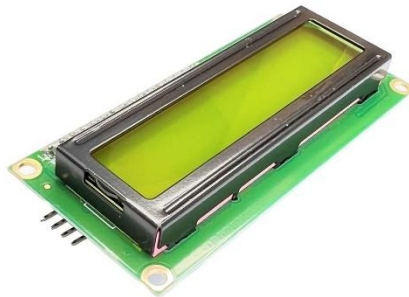


Gambar 2. 10 Keypad Matriks 4x4

Sumber: <https://www.indiamart.com/proddetail/4x4-membrane-switch-matrix-keypad-22559965512.html>

Keypad merupakan perangkat masukan (*input device*) yang banyak digunakan pada sistem keamanan dan kontrol akses untuk memasukkan kode autentikasi pengguna. Integrasi keypad dengan mikrokontroler dan magnetic lock mampu membentuk sistem kontrol akses berbiaya rendah yang efektif dalam membatasi akses pengguna yang tidak berwenang (Reza Khan, 2012). Sistem keamanan pintu berbasis RFID dan keypad 4×4 menggunakan Arduino Nano di mana keypad berfungsi sebagai lapisan autentikasi kedua untuk meningkatkan keamanan akses ruangan sehingga hanya pengguna yang memiliki kartu RFID dan kode yang benar yang dapat membuka pintu (Alfonsius et al., 2024). Keypad matrix pada sistem keamanan rumah yang dikombinasikan dengan teknologi RFID dan metode kriptografi One Time Pad untuk meningkatkan perlindungan terhadap risiko pembobolan (Rozaq et al., 2023).

g. Liquid Crystal Display (LCD)



Gambar 2. 11 *Liquid Crystal Display 16x2 (LCD)*

Sumber: [https://www.amazon.in/DIYables-Arduino-ESP32 DEVKIT V1-ESP8266-Raspberry/dp/B0B33XQ91G](https://www.amazon.in/DIYables-Arduino-ESP32-DEVKIT-V1-ESP8266-Raspberry/dp/B0B33XQ91G)

LCD 16x2 merupakan salah satu perangkat keluaran (*output*) yang banyak digunakan pada sistem berbasis mikrokontroler untuk menampilkan informasi secara real-time kepada pengguna. LCD 16x2 memiliki kemampuan menampilkan 16 karakter pada dua baris sehingga cukup efektif digunakan pada berbagai aplikasi monitoring, kontrol, dan otomasi. Pada penelitian sistem monitoring daya listrik berbasis Arduino Uno, LCD 16x2 digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran tegangan, arus, dan daya listrik secara langsung sehingga memudahkan pengguna dalam memantau konsumsi energi listrik sehari-hari (Parkhan & Sugarindra, 2022). LCD 16x2 dapat dimanfaatkan sebagai media tampilan hasil pengukuran suhu tubuh berbasis *Internet of Things* (IoT), di mana nilai suhu yang diperoleh sensor ditampilkan secara langsung sehingga memudahkan proses monitoring kesehatan (Nuri Afriani et al., 2024). Penggunaan LCD 16x2 juga diterapkan pada sistem deteksi kebocoran gas berbasis Arduino

yang menampilkan informasi kondisi lingkungan dan status kebocoran secara real-time, sehingga pengguna dapat segera mengambil tindakan ketika terdeteksi kondisi berbahaya. Berdasarkan berbagai penelitian tersebut LCD 16x2 masih menjadi salah satu perangkat display yang populer karena memiliki harga yang relatif murah, konsumsi daya rendah, mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler, serta mampu menyajikan informasi secara jelas dan efektif pada berbagai sistem elektronika dan otomasi (Manjunathan et al., 2023).

h. *Google spreadsheet*



Gambar 2. 12 *Google spreadsheet*

Sumber: <https://fity.club/lists/2025/google-sheets-icon-png/>

Dalam arsitektur *Internet of Things* (IoT), rekam jejak riwayat lingkungan sangat dibutuhkan untuk analisis jangka panjang. *Google spreadsheet* berkolaborasi dengan *Google Apps Script* berfungsi sebagai *cloud database* ringan tak berbayar yang mengeksekusi data sensor menggunakan metode *HTTP GET* atau *POST* yang dikirim dari mikrokontroler. Ketika mikrokontroler ESP32 DEVKIT V1 membaca

parameter seperti kelembapan tanah, data tersebut diurai dan dituliskan ke dalam baris tabel secara otomatis dan berkala (*data logging*). Data yang diperoleh dari sensor akan diintegrasikan dengan *Google spreadsheet* yang diperbarui setiap jam untuk memudahkan analisis. (Aditya Putra et al., 2024). Penggunaan *platform* ini mempermudah pengguna untuk melihat tren data secara seketika di mana pun secara *real-time*, sekaligus mengeksport basis data tersebut ke format Excel/CSV untuk keperluan analitik tingkat lanjut mengenai efektivitas sistem. Agar sistem dapat mencatat data secara historis, ESP32 DEVKIT V1 dirancang untuk mengirimkan informasi pembacaan sensor ke *Google Sheets* menggunakan layanan *Google Apps Script* (Aryo W et al., 2025).

B. Kajian Empiris

Penelitian terdahulu menjadi landasan komparatif yang berfungsi untuk mengetahui posisi penelitian ini terhadap riset-riset yang telah dilakukan sebelumnya. Tinjauan ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi kebaruan (*novelty*) dari sistem penyiraman otomatis untuk vegetasi pakan lebah madu klanceng yang diusulkan. Berikut adalah ringkasan beberapa penelitian terdahulu yang relevan:

Tabel 2. 1 Kajian Empiris

No	Peneliti	Judul	Metode & Hasil utama	Persamaan & perbedaan dengan penelitian saya
1	(Aryo W <i>et al</i> 2025)	<i>Pengendalian Pengisian Air Otomatis Menggunakan ESP32 DEVKIT V1, MQTT dan Google Sheets Logging</i>	Sistem berhasil melakukan rekam jejak (<i>data logging</i>) secara <i>real-time</i> ke <i>Google spreadsheet</i> menggunakan mikrokontroler ESP32 DEVKIT V1 dengan tingkat keberhasilan pengiriman data yang tinggi.	Persamaan: Menggunakan ESP32 DEVKIT V1 sebagai kendali utama, pompa air, relay, serta <i>Google spreadsheet</i> untuk data logging. Perbedaan: Penelitian Anwar dkk. tidak berfokus pada irigasi tanaman dan tidak dilengkapi antarmuka luring (offline) seperti Keypad dan LCD, sedangkan penelitian ini secara spesifik ditujukan untuk vegetasi lebah klanceng.
2	(Saputra & Suryono, 2024)	Implementasi Teknologi Irigasi Tetes pada Tanaman Jagung Menggunakan Sensor Soil Moisture dan Mikrokontroler Esp 32	Membuat prototipe irigasi tetes menggunakan ESP32 DEVKIT V1, sensor kelembapan tanah, <i>relay</i> , pompa air DC, LCD I2C, dan panel surya. sistem berhasil	Persamaan: Sama-sama menggunakan ESP32 DEVKIT V1, sensor kelembapan tanah, <i>relay</i>, pompa air, dan LCD I2C untuk sistem penyiraman otomatis. Perbedaan: Jurnal ini fokus pada tanaman

No	Peneliti	Judul	Metode & Hasil utama	Persamaan & perbedaan dengan penelitian saya
			menyiram otomatis saat kelembapan tanah di bawah 35% dan berhenti saat optimal, sehingga efektif menghemat air pada tanaman jagung.	jagung dan bertenaga surya. Sedangkan penelitian Anda difokuskan pada vegetasi lebah klanceng, serta memiliki tambahan Modul RTC (penjadwalan), Keypad (input manual), dan <i>Google spreadsheet</i> (data logging).
3	(Gunadi et al., 2025)	Rancang Bangun Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berdasarkan Kadar Air Tanah dan Monitoring Suhu Jarak Jauh Melalui Aplikasi Whatsapp	Menggunakan ESP32 DEVKIT V1, sensor kelembapan tanah, sensor suhu DHT22, dan integrasi bot WhatsApp. Sistem berhasil menyiram otomatis (pompa hidup saat kelembapan <70%) dan statusnya dapat dipantau dari jarak jauh melalui WhatsApp	Persamaan: Sama-sama menggunakan ESP32 DEVKIT V1, sensor kelembapan tanah, dan pompa air untuk otomasi penyiraman. Perbedaan: Jurnal ini menggunakan notifikasi WhatsApp dan sensor suhu. Sedangkan penelitian Anda menggunakan <i>Google spreadsheet</i> , Modul RTC, Keypad, dan berfokus pada vegetasi pakan lebah klanceng.

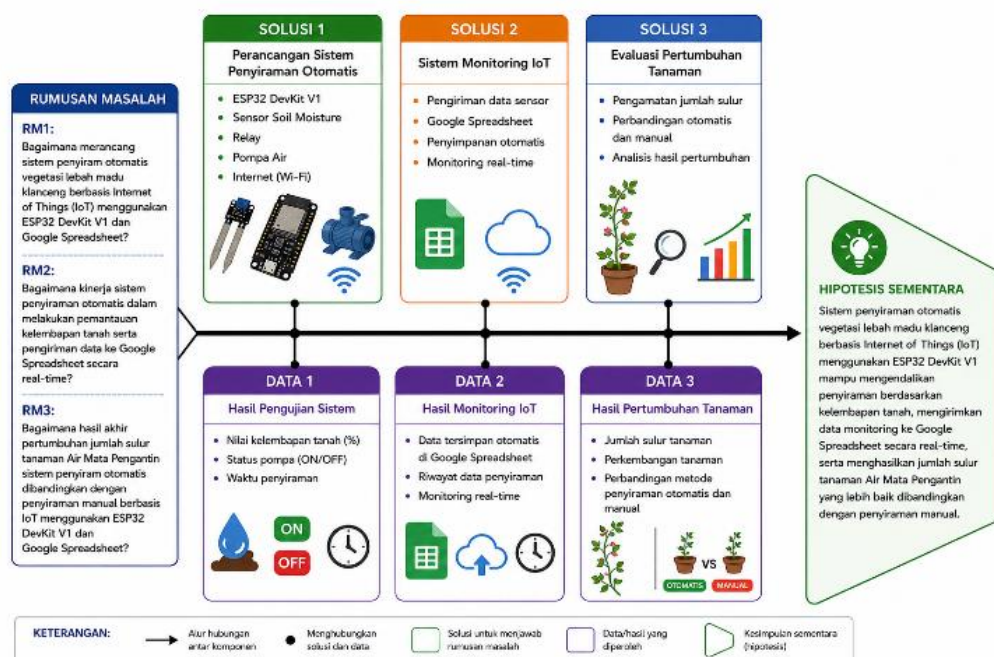
No	Peneliti	Judul	Metode & Hasil utama	Persamaan & perbedaan dengan penelitian saya
4	(Hasib & Akib, 2026)	<i>An IoT-Based Smart Plant Monitoring and Irrigation System with Real-Time Environmental Sensing, Automated Alerts, and Cloud Analytics</i>	Menggunakan ESP32.Sensor Soil Moisture. DHT22. Sensor level air. ThingSpeak Cloud. Dashboard monitoring dan notifikasi otomatis. Akurasi pemantauan kelembapan mencapai sekitar 92%. Penggunaan air berkurang sekitar 40% dibanding metode konvensional. Data tersimpan di cloud untuk analisis historis.	Persamaan: Sama-sama menggunakan sensor kelembapan tanah, modul RTC untuk jadwal, dan konsep IoT untuk penyiraman. Perbedaan: Menggunakan banyak sensor lingkungan. Fokus pada efisiensi air dan cloud analytics. Tidak menganalisis parameter pertumbuhan tanaman seperti jumlah daun, panjang sulur, berat tajuk, dan akar. Penelitian Anda menggunakan ESP32 DEVKIT V1, Pompa Air DC, <i>Google spreadsheet</i>, Keypad, serta fokus pada vegetasi lebah klanceng.

No	Peneliti	Judul	Metode & Hasil utama	Persamaan & perbedaan dengan penelitian saya
5	(Kunt, 2025)	<i>Development of a Smart Autonomous Irrigation System Using Iot and AI</i>	Menggunakan ESP32. Soil Moisture Sensor. DHT11. Rain Sensor. Blynk. Algoritma LSTM (Artificial Intelligence) untuk prediksi kebutuhan air. Sistem dapat menentukan kebutuhan penyiraman secara otomatis menggunakan AI. Mengurangi pemborosan air. Meningkatkan efisiensi tenaga kerja pertanian.	Persamaan: Sama-sama menggunakan sensor kelembapan tanah, layar LCD, dan aktuator pompa air. Perbedaan: Menggunakan AI/LSTM Banyak parameter sensor Fokus prediksi Penelitian Anda Fokus implementasi sederhana dan murah Hanya soil moisture Menggunakan threshold 60%

Berdasarkan tinjauan berbagai penelitian terdahulu sistem penyiraman otomatis secara umum telah berhasil dikembangkan menggunakan mikrokontroler seperti ESP32 DEVKIT V1 dan sensor kelembapan tanah. Meskipun demikian, penelitian ini hadir untuk menyempurnakan celah (*research gap*) dari sistem-sistem sebelumnya melalui beberapa nilai kebaruan (*novelty*) utama. Penelitian ini berfokus spesifik pada pemeliharaan vegetasi

pakan lebah madu klanceng, berbeda dengan riset terdahulu yang umumnya berfokus pada tanaman pertanian. Sistem ini mengusung konsep kendali hibrida (*online* dan *offline*) yang memungkinkan pemantauan jarak jauh via *Google spreadsheet* sekaligus pengaturan parameter langsung di lahan melalui *Keypad* dan layar LCD tanpa selalu bergantung pada koneksi internet. Sistem ini menawarkan akurasi ganda dengan mengombinasikan pembacaan batas kelembapan tanah dan penjadwalan waktu yang presisi menggunakan modul *Real-Time Clock* (RTC), tetapi kali ini peneliti menggunakan penyiraman otomatis di batas threshold 60%. Secara keseluruhan penelitian ini mengusulkan sistem irigasi yang lebih komprehensif, adaptif, dan mudah dikonfigurasi guna mendukung produktivitas budi daya lebah klanceng.

C. Kerangka Berfikir



Gambar 2. 13 Diagram *Fishbone*

Kesimpulan Kerangka Berfikir:

Kerangka berpikir pada penelitian ini menggambarkan alur penyelesaian penelitian yang dimulai dari tiga rumusan masalah, yaitu perancangan sistem penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT), pengujian kinerja sistem dalam memantau kelembapan tanah serta mengirimkan data ke *Google spreadsheet* secara *real-time*, dan evaluasi hasil pertumbuhan jumlah sulur tanaman Air mata pengantin. Untuk menjawab setiap rumusan masalah tersebut, dirancang solusi berupa implementasi sistem menggunakan ESP32 DevKit V1, sensor *soil moisture*, relay, pompa air, dan *Google spreadsheet* sebagai media penyimpanan serta monitoring data. Implementasi tersebut menghasilkan data berupa nilai kelembapan tanah, status pompa (ON/OFF), waktu penyiraman, data monitoring *real-time*, serta data pertumbuhan jumlah sulur tanaman.

Seluruh data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengetahui kinerja sistem dan membandingkan hasil pertumbuhan tanaman yang menggunakan penyiraman otomatis dengan penyiraman manual. Hasil analisis tersebut digunakan sebagai dasar dalam membuktikan hipotesis penelitian, yaitu bahwa sistem penyiraman otomatis berbasis IoT menggunakan ESP32 DevKit V1 mampu mengendalikan penyiraman berdasarkan kondisi kelembapan tanah, mengirimkan data ke *Google spreadsheet* secara *real-time*, serta memberikan hasil pertumbuhan jumlah sulur tanaman Air mata pengantin yang lebih baik dibandingkan metode penyiraman manual. Dengan demikian, kerangka berpikir ini menunjukkan hubungan yang sistematis antara rumusan masalah, solusi yang diterapkan, data yang diperoleh, hingga tercapainya tujuan penelitian.

1. Hipotesis Rumusan Masalah 1

Tabel 2. 2 Hipotesis Rumusan Masalah 1

H _{a0} (Hipotesis Nol)	H _{a1} (Hipotesis Alternatif)
Prototype sistem penyiraman otomatis berbasis ESP32 Devkit V1 dan <i>Google spreadsheet</i> tidak dapat diimplementasikan dengan baik pada tanaman Air mata pengantin.	Prototype sistem penyiraman otomatis berbasis ESP32 Devkit V1 dan <i>Google spreadsheet</i> dapat diimplementasikan dengan baik pada tanaman Air mata pengantin.

2. Hipotesis Rumusan Masalah 2

Tabel 2. 3 Hipotesis Rumusan Masalah 2

H _{b0} (Hipotesis Nol)	H _{b1} (Hipotesis Alternatif)
Sistem penyiraman otomatis berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT) tidak mampu menjaga kelembapan tanah secara lebih stabil dan efektif serta pengiriman data ke <i>Google spreadsheet</i> secara <i>real-time</i> tidak berjalan.	Sistem penyiraman otomatis berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT) mampu menjaga kelembapan tanah secara lebih stabil dan efektif serta pengiriman data ke <i>Google spreadsheet</i> secara <i>real-time</i> berjalan.

3. Hipotesis Rumusan Masalah 3

Tabel 2. 4 Hipotesis Rumusan Masalah 3

H _{c0} (Hipotesis Nol)	H _{c1} (Hipotesis Alternatif)
Sistem penyiraman otomatis tidak meningkatkan pertumbuhan Sulur dan helai daun tanaman Air Mata Pengantin dibandingkan penyiraman manual.	Sistem penyiraman otomatis dapat meningkatkan pertumbuhan sulur dan helai daun tanaman Air Mata Pengantin dibandingkan penyiraman manual.