



Perancangan Alat Penyiram Tanaman Otomatis Dengan Parameter Kelembaban Dan Suhu Berbasis Mikrokontroler Arduino

Haedar Ibad Bagaskara

Universitas Sains Dan Teknologi Komputer

Dendy Kurniawan

Universitas Sains Dan Teknologi Komputer

Edy Siswanto

Universitas Sains Dan Teknologi Komputer

Ahmad Ashifuddin Aqham

Universitas Sains Dan Teknologi Komputer

Bagus Sudirman

Universitas Sains Dan Teknologi Komputer

Alamat: Kampus

Korespondensi penulis: HaedarIbadBagaskara13@email.com

***Abstract.** The rapid advancement of technology today has brought significant convenience across various aspects of life, including the agricultural sector. One of the common problems still faced by farmers is the manual process of watering and fertilizing plants. This method is often inefficient due to time and labor constraints, and it carries the risk of plants receiving too little or too much water. To address this issue, this research designs an automatic plant watering system based on an Arduino microcontroller that operates autonomously according to soil moisture levels and environmental temperature. The system is equipped with a soil moisture sensor, a temperature and humidity sensor (DHT22), a soil pH sensor, and a Real Time Clock (RTC) module to schedule automatic fertilization. All components are controlled by Arduino and NodeMCU ESP8266, which are connected to the Internet of Things (IoT) network, allowing real-time monitoring of plant conditions through an Android application. The design results show that this device can water and fertilize plants accurately and efficiently without direct supervision. With this system, garden owners can easily manage and maintain their plants remotely while ensuring the balance of water and nutrient needs. This research is expected to serve as an initial step toward implementing smart technology in agriculture, particularly at Taman Buah Sidomakmur, Kendal.*

Keywords: *Arduino, Internet of Things (IoT), automatic watering, soil moisture, temperature, soil pH.*

Abstrak. Perkembangan teknologi yang pesat saat ini telah membawa banyak kemudahan dalam berbagai bidang kehidupan, termasuk sektor pertanian. Salah satu permasalahan yang masih sering dihadapi petani adalah kegiatan penyiraman dan pemupukan tanaman yang dilakukan secara manual. Cara ini sering kali tidak efisien karena keterbatasan waktu dan tenaga, serta berisiko membuat tanaman kekurangan atau kelebihan air. Melihat permasalahan tersebut, penelitian ini merancang alat penyiram tanaman otomatis berbasis mikrokontroler Arduino yang mampu bekerja secara mandiri berdasarkan tingkat kelembaban tanah dan suhu lingkungan. Sistem ini dilengkapi dengan sensor kelembaban tanah (soil moisture sensor), sensor suhu dan kelembaban udara (DHT22), sensor pH tanah, serta modul Real Time Clock (RTC) untuk menjadwalkan pemberian pupuk secara otomatis. Semua komponen dikendalikan oleh Arduino dan NodeMCU ESP8266 yang terhubung dengan jaringan Internet of Things (IoT), sehingga kondisi tanaman dapat dipantau secara real-time melalui aplikasi Android. Hasil perancangan menunjukkan bahwa alat ini dapat menyiram dan memupuk tanaman secara tepat waktu serta efisien tanpa perlu pengawasan langsung. Dengan adanya sistem ini, pemilik kebun dapat lebih mudah merawat tanaman dari jarak jauh dan menjaga keseimbangan kebutuhan air serta nutrisi tanaman. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi langkah awal dalam penerapan teknologi cerdas di bidang pertanian, khususnya di Taman Buah Sidomakmur, Kendal.

Kata kunci: Arduino, Internet of Things (IoT), penyiraman otomatis, kelembaban tanah, suhu, pH tanah.

LATAR BELAKANG

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang begitu pesat telah membawa perubahan besar dalam berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk di bidang pertanian. Di era modern ini, penguasaan teknologi menjadi hal yang penting untuk meningkatkan efisiensi, ketepatan, dan hemat energi dalam setiap aktivitas manusia. Pertanian sebagai sektor penting dalam kehidupan manusia juga ikut terdorong untuk beradaptasi dengan kemajuan tersebut. Tanaman memiliki peran vital sebagai sumber pangan dan penjaga keseimbangan lingkungan, namun untuk tumbuh optimal, tanaman membutuhkan perawatan yang teratur—terutama dalam hal penyiraman dan pemupukan.

Sayangnya, hingga kini sebagian besar petani dan pemilik kebun masih mengandalkan cara manual dalam melakukan penyiraman dan pemupukan. Metode tradisional ini membutuhkan waktu dan tenaga yang besar serta memiliki risiko kesalahan, seperti keterlambatan penyiraman yang dapat menyebabkan tanaman kekurangan air, layu, bahkan mati. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa cara konvensional sudah tidak sesuai lagi dengan tuntutan zaman yang serba cepat dan efisien.

Faktor penting lain yang memengaruhi pertumbuhan tanaman adalah kelembaban tanah, suhu, dan tingkat keasaman (pH) tanah. Ketiganya berperan besar dalam menentukan kesuburan dan produktivitas tanaman. Namun, di banyak kebun—termasuk di Taman Buah Sidomakmur, Kendal—pengawasan terhadap faktor-faktor ini masih dilakukan secara manual tanpa sistem monitoring yang terintegrasi. Proses penyiraman dan pemupukan masih dilakukan dengan ember atau selang, yang sangat menguras tenaga dan waktu. Jika pemilik kebun lupa atau terlambat menyiram dan memberi pupuk, tanaman dapat kekurangan air dan nutrisi, sehingga berisiko gagal panen.

Melihat kondisi tersebut, dibutuhkan inovasi teknologi yang mampu membantu petani dalam mengotomatisasi proses penyiraman dan pemupukan berdasarkan parameter lingkungan seperti kelembaban, suhu, dan pH tanah. Dengan penerapan sistem berbasis mikrokontroler dan Internet of Things (IoT), diharapkan kegiatan perawatan tanaman dapat dilakukan secara lebih efisien, tepat waktu, dan mudah dipantau dari jarak jauh. Penelitian ini menjadi langkah awal dalam penerapan teknologi cerdas di bidang pertanian, khususnya di Taman Buah Sidomakmur, sebagai upaya mendukung pertanian modern yang berkelanjutan.

KAJIAN TEORITIS

Perkembangan teknologi modern telah mendorong munculnya berbagai inovasi di bidang pertanian, salah satunya penerapan sistem penyiraman otomatis berbasis mikrokontroler dan Internet of Things (IoT). Sistem ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas perawatan tanaman melalui pemantauan otomatis terhadap kelembaban, suhu, dan pH tanah (Harisudin, Kusnandar, & Riptanti, 2023).

1. Perancangan Sistem

Perancangan merupakan tahap penting dalam pengembangan alat, yaitu proses merancang struktur dan mekanisme kerja sistem agar mampu mencapai tujuan secara efisien. Dalam penelitian teknologi, perancangan menjadi jembatan antara analisis kebutuhan dan implementasi perangkat (Azis, Pribadi, & Nurcahya, 2020).

2. Mikrokontroler Arduino dan NodeMCU ESP8266

Arduino adalah papan mikrokontroler yang mudah diprogram untuk mengontrol perangkat elektronik berbasis sensor. NodeMCU ESP8266 digunakan untuk

menghubungkan sistem dengan jaringan IoT melalui koneksi WiFi, sehingga pengguna dapat memantau kondisi tanaman secara real-time melalui aplikasi (Murdiantoro et al., 2021).

3. Sensor Utama dalam Sistem Otomatisasi

Sistem ini menggunakan beberapa sensor untuk mendeteksi kondisi lingkungan tanaman:

- a. Sensor kelembaban tanah (Soil Moisture Sensor) berfungsi mendeteksi kadar air dalam tanah dan mengatur penyiraman sesuai kebutuhan (Fuadi et al., 2020).
- b. Sensor suhu dan kelembaban udara (DHT22) digunakan untuk memantau suhu lingkungan dan kelembaban udara secara digital (Tanjung et al., 2020).
- c. Sensor pH tanah berfungsi mengetahui tingkat keasaman tanah untuk memastikan kondisi ideal bagi pertumbuhan tanaman (Musthafa et al., 2021).

4. Otomatisasi dan Monitoring Berbasis IoT

Otomatisasi berarti sistem dapat bekerja secara mandiri tanpa kendali manual, sedangkan monitoring memungkinkan pengguna memantau kondisi tanaman dari jarak jauh. Konsep IoT memungkinkan seluruh perangkat saling terhubung, mengirimkan data, dan dikendalikan melalui jaringan internet (Andreani et al., 2024).

5. Faktor Lingkungan Tanaman

Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh kelembaban, suhu, dan pH tanah. Kelembaban yang terlalu rendah membuat tanaman layu, sedangkan suhu ekstrem menghambat proses fotosintesis. pH tanah juga menentukan ketersediaan unsur hara bagi tanaman (Murasyd et al., 2022; Ardiyansyah et al., 2022).

6. Relevansi Teknologi dalam Pertanian Modern

Penerapan sistem penyiraman otomatis berbasis Arduino dan IoT memberikan solusi terhadap keterbatasan waktu dan tenaga petani. Melalui integrasi sensor dan aplikasi Android, sistem ini mampu melakukan penyiraman dan pemupukan secara efisien tanpa pengawasan langsung (Nuryamin et al., 2023).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model pengembangan Borg & Gall yang telah dimodifikasi menjadi enam tahap utama. Model ini dipilih karena mampu menggambarkan proses pengembangan produk secara sistematis—mulai dari perencanaan, pembuatan, hingga pengujian alat.

Tahapan penelitian meliputi:

1. Research and Information Collection (Studi Pendahuluan)

Tahap ini diawali dengan studi literatur, observasi lapangan, dan wawancara dengan pengelola Taman Buah Sidomakmur untuk memahami kondisi nyata dan kebutuhan sistem penyiraman tanaman otomatis.

2. Planning (Perencanaan)

Peneliti merumuskan tujuan penelitian, menentukan spesifikasi produk, serta menyusun jadwal pelaksanaan.

3. Develop Preliminary Form of Product (Pengembangan Produk Awal)

Tahap ini mencakup perancangan naratif sistem, pembuatan diagram UML, desain perangkat keras berbasis Arduino dan NodeMCU ESP8266, serta integrasi sensor kelembaban tanah, suhu, dan pH ke dalam sistem IoT.

4. Preliminary Field Testing (Uji Coba Awal)

Prototipe diuji secara fungsional bersama dosen pembimbing. Pengujian meliputi kemampuan alat mendeteksi kelembaban tanah, mengaktifkan pompa air dan pupuk otomatis, serta menampilkan data suhu dan pH melalui aplikasi Android secara real-time.

5. Main Product Revision (Revisi Produk)

Perbaikan dilakukan berdasarkan hasil uji dan masukan validator, hingga diperoleh alat yang mampu bekerja otomatis dan menampilkan hasil monitoring secara akurat.

6. Main Field Testing (Uji Coba Lapangan)

Uji efektivitas dilakukan di Taman Buah Sidomakmur oleh pengguna sebenarnya (kelompok pokdarwis dan petugas kebun). Tahap ini menilai aspek

ketepatan, kemudahan akses informasi, kecepatan kinerja, dan kenyamanan penggunaan sistem.

Ruang Lingkup dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Taman Buah Sidomakmur, Desa Sidomakmur, Kecamatan Kaliwungu Selatan, Kabupaten Kendal—sebuah kawasan agrowisata sekaligus pusat pembibitan tanaman buah. Kegiatan penelitian berlangsung selama \pm 6 bulan, mulai dari penyusunan proposal, pengumpulan data, hingga analisis dan penyusunan laporan akhir.

Data dan Instrumen Penelitian

Data dikumpulkan melalui empat teknik utama:

1. Observasi, yaitu pengamatan langsung terhadap proses penyiraman dan pemupukan.
2. Wawancara, dengan pengelola kebun untuk memahami kebutuhan sistem.
3. Kuesioner, untuk menilai keefektifan sistem baru dibanding sistem lama.
4. Studi Literatur, dari buku dan jurnal pendukung bidang otomasi dan IoT.

Data dibedakan menjadi data primer (hasil observasi dan wawancara langsung) dan data sekunder (publikasi atau dokumen pendukung). Instrumen penelitian berupa angket penilaian kinerja sistem dengan empat indikator utama:

1. Ketepatan penyelesaian,
2. Kemudahan akses informasi,
3. Kecepatan kinerja, dan
4. Kemudahan penggunaan.

Setiap indikator dinilai dengan skala 1–4 (tidak baik – sangat baik).

Teknik Analisis Data

Analisis dilakukan secara deskriptif dan inferensial. Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan hasil observasi dan kuesioner melalui tabel, grafik, serta persentase. Sementara itu, analisis inferensial digunakan untuk mengukur validitas dan efektivitas sistem berdasarkan rata-rata skor dari validator dan pengguna.

Desain Sistem dan Pengujian

Rangkaian alat terdiri atas NodeMCU ESP8266, sensor kelembaban tanah (Soil Moisture), sensor suhu dan kelembaban (DHT22), sensor pH tanah, relay, dan pompa air/pupuk. Semua komponen dihubungkan dengan aplikasi Android berbasis IoT untuk menampilkan data suhu, kelembaban, dan pH secara real-time. Pengujian sistem dilakukan melalui dua tahap:

1. Uji validasi oleh ahli untuk menilai fungsionalitas dan akurasi sensor.
2. Uji efektivitas oleh pengguna lapangan untuk menilai kenyamanan dan kinerja alat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

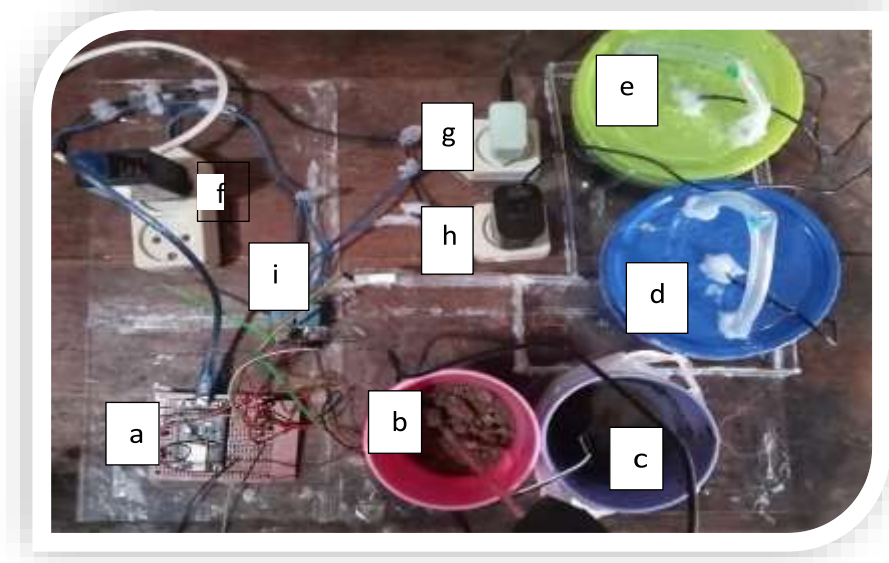
Penelitian ini menitikberatkan pada perancangan sistem penyiram tanaman otomatis yang dilengkapi dengan pemantauan kelembapan, suhu, dan pH tanah menggunakan Arduino berbasis Internet of Things (IoT). Tujuan utamanya adalah untuk memudahkan pemilik kebun dalam melakukan penyiraman, pemberian pupuk, serta memantau kondisi lingkungan tanaman secara efisien dan akurat.

1. Hasil Perancangan

Berdasarkan hasil penelitian dan proses perancangan yang telah dilakukan, sistem alat penyiram tanaman otomatis berbasis IoT berhasil dirancang dengan dua komponen utama, yaitu hardware (perangkat keras) dan software (perangkat lunak).

a. Perancangan Hardware

1) Tampilan Alat



Gambar 1. tampilan alat

Gambar.1 menunjukkan tampilan prototype alat penyiram tanaman otomatis dan sistem monitoring kelembapan, suhu, serta pH tanah berbasis Arduino IoT. Alat ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

- a) NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler
- b) Sensor kelembapan tanah (Soil Moisture Sensor)
- c) Sensor suhu dan kelembapan udara (DHT22)
- d) Sensor pH tanah
- e) Pompa air dan pompa pupuk
- f) Relay sebagai pengendali pompa
- g) Stop kontak dan adaptor untuk masing-masing komponen

2) Tampilan Komponen Alat



Gambar 2. Tampilan Komponen Alat

Pada Gambar 2 terlihat susunan komponen yang berfungsi untuk mengendalikan input dan output sistem. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 menjadi pusat kendali yang menerima data dari sensor-sensor dan mengatur respon perangkat seperti pompa air dan pupuk berdasarkan kondisi yang terdeteksi.

b. Perancangan Software

1) Tampilan Dashboard



Gambar 3. Tampilan Dashboard

Gambar 3 memperlihatkan tampilan utama dashboard aplikasi Android IoT Monitoring, yang dirancang untuk memudahkan pengguna dalam

mengakses berbagai fitur utama.

Menu yang tersedia antara lain :

- a) Monitoring Kebun: Menampilkan data suhu dan kelembapan udara dalam bentuk angka dan grafik.
- b) pH Tanah: Menunjukkan nilai dan grafik pH tanah secara real-time.
- c) Pompa: Mengendalikan pompa air dan pupuk serta menampilkan status aktif/tidak aktif.

2) Tampilan Monitoring Kebun



Gambar 4. Tampilan Monitoring Kebun

Bagian ini menampilkan dua fitur utama:

- a) **Indikator suhu dan kelembapan**, berupa tampilan lingkaran dengan warna dan angka untuk menunjukkan hasil pembacaan sensor DHT22 yang dikirim melalui IoT.
- b) **Grafik periode suhu dan kelembapan**, yang menggambarkan perubahan nilai dari waktu ke waktu untuk membantu pemantauan kondisi lingkungan kebun.

3. Tampilan pH Tanah



Gambar 5. Tampilan pH tanah

Halaman pH tanah menampilkan indikator setengah lingkaran berwarna hijau dengan angka di tengah yang menunjukkan nilai pH hasil pembacaan sensor. Terdapat juga grafik riwayat (history) yang menampilkan perubahan nilai pH tanah dalam rentang waktu tertentu.

4. Tampilan Pompa



Gambar 6. Tampilan pompa

Pada menu pompa, terdapat **tombol kontrol pompa pupuk** yang terhubung dengan mikrokontroler ESP8266 melalui IoT. Warna tombol menandakan status pompa: hijau berarti aktif dan merah berarti nonaktif. Selain itu, halaman ini juga menampilkan **status pompa air**, dengan teks “Pompa Aktif” atau “Pompa Tidak Aktif” sesuai dengan kondisi relay yang terbaca oleh sistem.

2. Hasil Pengujian

a. Pengujian Penyiraman

1) Tanah Kering:

Ketika sensor Soil Moisture mendeteksi tanah dalam kondisi kering, sistem otomatis menyalakan pompa air. Aplikasi menampilkan status “*POMPA AKTIF*” melalui koneksi IoT.

2) Tanah Lembap:

Sebaliknya, jika tanah terdeteksi lembap, pompa akan berhenti bekerja dan status pada aplikasi berubah menjadi “*POMPA TIDAK AKTIF*”.

b. Pengujian Pemberian Pupuk

1) Tombol Tidak Aktif:

Saat tombol pada platform IoT berwarna merah, pompa pupuk tidak bekerja.

2) Tombol Aktif:

Ketika tombol berubah menjadi hijau, pompa pupuk menyala dan mulai menyalurkan pupuk ke tanaman.

c. Pengujian Suhu dan Kelembapan

Sensor DHT22 digunakan untuk memantau suhu dan kelembapan udara pada **pagi, siang, sore, dan malam hari**.

- 1) Pagi hari: suhu sekitar 28,4°C, kelembapan 100%.
- 2) Siang hari: suhu naik menjadi sekitar 30,4°C, kelembapan 93%.
- 3) Sore hari: suhu menurun menjadi 28,8°C, kelembapan 95%.
- 4) Malam hari: suhu 26,9°C dengan kelembapan kembali mencapai 100%.

Data tersebut divisualisasikan dalam grafik pada aplikasi IoT untuk memantau perubahan kondisi lingkungan secara berkala.

d. Pengujian pH Tanah

Sensor pH tanah berfungsi untuk mendeteksi tingkat keasaman dan kebasaan tanah. Dari hasil uji, sensor menunjukkan nilai **pH = 3**, yang berarti tanah tergolong asam. Nilai ini juga divisualisasikan pada grafik *history* di aplikasi IoT untuk memudahkan analisis kondisi tanah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa sistem penyiram dan pemupukan tanaman otomatis berbasis Internet of Things (IoT) dengan mikrokontroler ESP8266 mampu memberikan kemudahan bagi pemilik kebun dalam merawat tanaman. Melalui integrasi sensor kelembapan tanah, suhu, dan pH, sistem ini dapat mendeteksi kondisi lingkungan secara akurat dan mengaktifkan pompa air maupun pompa pupuk secara otomatis sesuai kebutuhan tanaman. Selain itu, seluruh proses pemantauan dan pengendalian dapat dilakukan langsung melalui aplikasi smartphone, sehingga pengguna dapat menghemat waktu, tenaga, dan memastikan tanaman tetap terawat dengan baik meskipun dari jarak jauh.

DAFTAR REFERENSI

- Adi, I., dkk. (2022). Permainan tematik dalam pembelajaran pendidikan jasmani, olahraga, dan kesehatan. *Jurnal Pedagogi dan Pembelajaran*, 5, 189–196. <https://doi.org/10.23887/jp2.v5i2.46564>
- Aditya, L., dkk. (2021). Lemari pengering pakaian menggunakan heater berbasis Arduino Mega 2560. *Jurnal Elektro*, 9(2), 72–81. <https://jurnalteknik.unkris.ac.id/index.php/jie/article/view/127/124>
- Alfariski, M., dkk. (2022). Automatic transfer switch (ATS) using Arduino Uno, IoT-based relay and monitoring. *JTECS: Jurnal Sistem Telekomunikasi Elektronika Sistem Kontrol Power Sistem dan Komputer*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.32503/jtecs.v2i1.2238>
- Ardiyansyah, R., dkk. (2022). Perancangan sistem pendeteksi pH air hujan berbasis IoT (Studi Kasus: Desa Gedepangrango, Kabupaten Sukabumi). *Jurnal Teknik Informatika (JUTEKIN)*, 10(1), 35–44.
- Arfiansyah, J., dkk. (2023). Prototype penyiraman tanaman dan kanopi otomatis pada greenhouse dengan sensor kelembapan tanah dan sensor hujan menggunakan Arduino. *Jurnal Ticom*, 11(2), 98–102.

- Daniel, R., dkk. (2022). Rancangan bangun alat monitoring kelembaban, pH tanah dan pompa otomatis pada tanaman tomat dan cabai. *LEDGER: Journal Informatic and Information Technology*, 1(4), 161–170. <https://journal.ittelkom-pwt.ac.id/index.php/ledger/article/view/862/294>
- Devinta, S., dkk. (2022). Prototype monitoring dan kontrol alat penyiraman tanaman kangkung menggunakan Arduino berbasis website. *JATI: Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 6(1), 229–236.
- Effendi, N., dkk. (2022). Perancangan sistem penyiraman tanaman otomatis menggunakan sensor kelembapan tanah berbasis IoT. *Jurnal CoSciTech*, 3(2), 91–98.
- Fuadi, S., dkk. (2020). Prototype alat penyiram tanaman otomatis dengan sensor kelembaban dan suhu berbasis Arduino. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 1(1), 21–25. <http://jtein.ppj.unp.ac.id/index.php/JTEIN/article/view/12/5>
- Latif, N. (2021). Penyiraman tanaman otomatis menggunakan sensor soil moisture dan sensor suhu. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 7(1), 16–20.
- Lubis, Z. (2021). Teknologi terbaru perancangan model alat penyiram tanaman dengan pengontrolan otomatis. *JET: Journal of Electrical Technology*, 6(2), 58–64.
- Maharani, A. N., dkk. (2022). Rancang bangun aplikasi pengontrol sistem penyiram tanaman berbasis Arduino dan Android. *EMITOR: Jurnal Teknik Elektro*, 22(1), 8–16. <https://www.researchgate.net/publication/360728997>
- Mardiana, Y., dkk. (2020). Implementasi dan analisis Arduino dalam rancang bangun alat penyiram tanaman otomatis menggunakan aplikasi Android. *Jurnal Pseudocode*, 7(2), 151–156.
- Mukhayat, N., dkk. (2021). Sistem monitoring pH tanah, intensitas cahaya dan kelembaban pada tanaman cabai (Smart Garden) berbasis IoT. *Seminar Nasional Dinamika Informatika*, 5(1), 179–184.
- Nurrahmi, S., dkk. (2023). Rancang bangun sistem penyiraman otomatis pada greenhouse tanaman anggrek menggunakan sensor DHT22. *Jurnal Pendidikan Fisika UIN Alauddin Makassar*, 11(1), 33–43.
- Ramadhan, I. S., dkk. (2023). Alat penyiram tanaman otomatis berbasis Arduino Uno dan NodeMCU. *Jurnal Insantek*, 4(1), 12–17.
- Rhamadhany, G., dkk. (2023). Rancang bangun prototipe sistem monitoring pemupukan dan penyiraman tanaman otomatis berbasis Internet of Things. *Jurnal Ticom*, 11(2), 86–92.
- Talli, W. I. S. A., dkk. (2023). Rancang bangun sistem monitoring kualitas tanah untuk tanaman cabai berbasis IoT. *JATI: Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 7(4), 2428–2435.
- Tembusai, Z., dkk. (2024). Sistem monitoring kualitas tanah tanaman hias berbasis IoT dengan sensor pH. *Jurnal Minfo Polgan*, 13(2), 2030–2035.