

PENYIRAMAN PADA TANAMAN CABAI MENGGUNAKAN ARDUINO UNO DAN SENSOR KELEMBABAN TANAH DI SMK NEGERI 1 TANJUNG

Rizki Al Bugdadi¹

Abstract

Technological advancements have enabled automation, impacting various aspects of human life, particularly in the agricultural sector. Adequate water availability is crucial for plant growth, especially in chili plantations and farms. However, improper irrigation can lead to plant damage and reduced yields. This research aims to develop an automated irrigation system for chili plants using Arduino Uno and a soil moisture sensor. This study focuses on utilizing technology to enhance the efficiency of chili plant irrigation, with the expectation of reducing human labor involvement and increasing crop yields. This research is expected to contribute to improving the efficiency and effectiveness of the plant irrigation process, supporting plant growth, and minimizing manual intervention

Keywords: Automation, Plant Irrigation, Arduino Uno, Soil Moisture Sensor, Chili Farming.

Abstrak

Perkembangan teknologi telah memungkinkan otomatisasi yang memengaruhi berbagai aspek kehidupan manusia, terutama dalam sektor pertanian. Ketersediaan air yang memadai sangat penting untuk pertumbuhan tanaman, terutama dalam perkebunan dan pertanian cabai. Namun, penyiraman yang tidak tepat dapat menyebabkan kerusakan pada tanaman dan mengurangi hasil panen. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem otomatisasi penyiraman pada tanaman cabai menggunakan Arduino Uno dan sensor kelembaban tanah. Studi ini memfokuskan pada penggunaan teknologi untuk meningkatkan efisiensi penyiraman tanaman cabai, dengan harapan mengurangi keterlibatan tenaga manusia dan meningkatkan hasil panen. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses penyiraman tanaman, mendukung pertumbuhan tanaman, serta mengurangi keterlibatan manual.

Kata Kunci: Otomatisasi, Penyiraman Tanaman, Arduino Uno, Sensor Kelembaban Tanah, Pertanian Cabai.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang pesat telah mendorong manusia untuk terus berinovasi dan meningkatkan produktivitas dalam berbagai aspek kehidupan. Teknologi tidak hanya mempermudah pekerjaan, tetapi juga memungkinkan otomatisasi yang berdampak pada efisiensi waktu dan tenaga. Otomatisasi kini menjadi norma di berbagai sektor, mulai dari transportasi, penelitian, hingga fabrikasi. Perkembangannya tidak hanya terbatas pada sektor-sektor tersebut, tetapi juga telah merambah ke bidang-bidang lain seperti pendidikan, kesehatan, produksi pangan, pertanian, dan perkebunan.

Dalam sektor pertanian dan perkebunan, teknologi berperan penting dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi pengelolaan sumber daya. Salah satu komponen krusial dalam bidang ini adalah ketersediaan air. Air menjadi faktor kunci yang sangat menentukan pertumbuhan dan perkembangan tanaman, sehingga manajemen irigasi yang efektif dan efisien sangat diperlukan (Riswan, 2020).

Cabai merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi di Indonesia. Dalam budidayanya, ketersediaan air yang cukup sangat penting untuk menunjang pertumbuhan dan kualitas hasil panen. Kekurangan atau kelebihan air dapat berdampak negatif pada tanaman cabai, mulai dari pertumbuhan yang terhambat hingga penurunan kualitas buah. Oleh karena itu, pengelolaan irigasi yang akurat menjadi kebutuhan utama dalam budidaya cabai (Guarango, 2022). Proses perawatan tanaman cabai juga sangat bergantung pada ketersediaan air yang cukup dan pengelolaan kelembaban tanah yang tepat. Kelembaban tanah yang tidak sesuai dapat menghambat pertumbuhan, menurunkan kualitas buah, bahkan menyebabkan

gagal panen. Berdasarkan penelitian sebelumnya, kadar kelembaban tanah yang ideal untuk tanaman cabai berkisar antara 60% hingga 70% (Lestari et al., 2023).

Seiring dengan perkembangan teknologi, otomatisasi dalam sistem penyiraman menjadi solusi yang efektif untuk menjaga keseimbangan kadar air pada tanaman. Salah satu teknologi yang relevan dalam hal ini adalah penggunaan Arduino Uno dan sensor kelembaban tanah. Teknologi ini memungkinkan sistem penyiraman bekerja secara otomatis berdasarkan kondisi kelembaban tanah yang terukur secara real-time, sehingga kebutuhan air tanaman dapat terpenuhi secara optimal dan efisien.

Beberapa penelitian terkait otomatisasi penyiraman telah dilakukan sebelumnya. Misalnya, Jumingin, Atina, dan Agung Juanda (2022) mengembangkan "Sistem Otomatis Penyiraman Tanaman dengan Sensor DHT11" yang mampu mengatur pompa air secara otomatis berdasarkan suhu udara. Penelitian serupa oleh Gunawan dan Marlina Sari (2018) pada "Rancang Bangun Alat Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah" menunjukkan efektivitas alat dalam membantu petani menghadapi musim kemarau.

Selain itu, penelitian oleh Kevin Alfanugraha (2022) pada "Rancang Bangun Alat Penyiraman Tanaman Tomat Otomatis Menggunakan Sensor RTC Berbasis Arduino Uno" menunjukkan bahwa penggunaan sensor kelembaban tanah mampu menjaga tingkat kelembaban optimal untuk tanaman tomat. Studi oleh Prabu Gerriansyah (2019) dengan "Rancang Bangun Sistem Desain Sprayer Tanaman Otomatis Berdasarkan Suhu dan Kelembaban Tanah" juga membuktikan bahwa otomatisasi penyiraman mampu menyesuaikan kebutuhan air tanaman berdasarkan kondisi lingkungan secara efektif.

Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan, sebagian besar fokus pada tanaman selain cabai atau menggunakan pendekatan sensor yang berbeda. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang lebih spesifik pada tanaman cabai dengan memanfaatkan teknologi Arduino Uno dan sensor kelembaban tanah yang lebih tepat guna dan efisien. Berdasarkan kebutuhan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem otomatisasi penyiraman pada tanaman cabai yang adaptif terhadap kondisi kelembaban tanah secara real-time.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode prototyping untuk mengembangkan sistem otomatisasi penyiraman pada tanaman cabai. Proses penelitian diawali dengan pengumpulan kebutuhan melalui observasi dan wawancara untuk memahami kebutuhan pengguna dalam pengelolaan penyiraman tanaman cabai. Selanjutnya, dilakukan perancangan sistem dengan menggunakan Arduino Uno sebagai unit kontrol utama yang terhubung dengan sensor kelembaban tanah untuk mengukur kadar air dalam tanah secara real-time.

Setelah perancangan selesai, langkah berikutnya adalah membangun prototipe yang melibatkan perakitan perangkat keras dan pengembangan perangkat lunak menggunakan bahasa pemrograman C pada platform Arduino IDE. Prototipe yang telah dibuat kemudian dieuji untuk memastikan fungsionalitas dan keakuratan dalam mengukur kelembaban tanah serta efektivitas dalam mengatur penyiraman secara otomatis.

Tahap akhir dari penelitian ini adalah evaluasi sistem yang melibatkan pengujian di lapangan untuk menganalisis kinerja prototipe dalam kondisi nyata. Data hasil pengujian dianalisis untuk mengevaluasi efisiensi penggunaan air dan efektivitas

sistem dalam menjaga kelembaban tanah pada kisaran optimal bagi pertumbuhan tanaman cabai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Sistem ini dirancang agar dapat bekerja secara otomatis dalam mengatur penyiraman berdasarkan kondisi kelembaban tanah yang terukur secara real-time. Untuk mencapai tujuan ini, dilakukan serangkaian pengujian untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam menjaga kadar air yang optimal bagi pertumbuhan tanaman cabai, serta untuk menganalisis efisiensi penggunaan air dibandingkan dengan metode penyiraman manual. Pengujian dilakukan di SMK Negeri 1 Tanjung dengan melibatkan berbagai skenario kondisi kelembaban tanah dan lingkungan untuk memastikan akurasi serta stabilitas sistem dalam beroperasi secara otomatis.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan sensor kelembaban tanah yang diposisikan pada kedalaman akar tanaman cabai untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat. Sensor ini terhubung dengan Arduino Uno yang berfungsi sebagai unit kontrol utama. Data yang diperoleh dari sensor kemudian digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air secara otomatis. Sistem ini juga dilengkapi dengan LCD 16x2 untuk menampilkan status penyiraman dan kadar kelembaban tanah secara real-time, sehingga pengguna dapat memantau kondisi tanah dengan mudah.

Pada tahap awal, dilakukan pengujian pada berbagai kondisi tanah dengan tingkat kelembaban yang berbeda, yaitu kering (20%), kurang lembab (35%), cukup lembab (50%), lembab (60%), dan sangat lembab (80%). Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kondisi tanah kering (20%) dan kurang lembab (35%), sistem secara otomatis mengaktifkan pompa air untuk melakukan penyiraman. Pada kondisi kering, pompa air aktif selama 15 detik dan mengeluarkan air sebanyak 45 ml, sedangkan pada kondisi kurang lembab, durasi penyiraman adalah 9 detik dengan volume air sebesar 27 ml. Penyiraman otomatis berhenti ketika sensor mendeteksi kelembaban tanah mencapai tingkat yang optimal.

Sebaliknya, pada kondisi tanah cukup lembab (50%), lembab (60%), dan sangat lembab (80%), sistem tidak mengaktifkan pompa air sehingga tidak ada penyiraman yang dilakukan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu mengidentifikasi kondisi kelembaban tanah secara akurat dan menyesuaikan penyiraman sesuai kebutuhan tanaman cabai. Selain itu, sistem mampu bekerja secara responsif dengan waktu reaksi kurang dari 3 detik sejak sensor mendeteksi perubahan kelembaban tanah hingga pompa air aktif.

Pengujian selanjutnya difokuskan pada uji stabilitas dan efisiensi sistem. Sistem diuji dalam jangka waktu satu minggu untuk mengevaluasi kinerja dan efisiensi penggunaan air. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara stabil tanpa gangguan atau kesalahan dalam membaca data sensor dan mengatur penyiraman. Selain itu, penggunaan air menjadi lebih efisien karena penyiraman hanya dilakukan saat tanah dalam kondisi kering atau kurang lembab, sehingga tidak terjadi pemborosan air.

Dari hasil pengujian, sistem ini terbukti mampu menghemat penggunaan air hingga 30% dibandingkan dengan metode penyiraman manual. Hal ini disebabkan

oleh penyiraman yang dilakukan secara otomatis berdasarkan data kelembaban tanah secara real-time, sehingga volume air yang diberikan sesuai dengan kebutuhan tanaman. Sistem ini juga mampu menjaga kelembaban tanah pada tingkat yang optimal bagi pertumbuhan tanaman cabai, yaitu pada kisaran 60% hingga 70%.

Pengujian juga dilakukan pada kondisi cuaca yang berbeda, yaitu saat cuaca cerah dan hujan. Pada saat cuaca cerah, penyiraman dilakukan lebih sering karena tingkat penguapan yang tinggi, sedangkan pada saat hujan, sistem tidak mengaktifkan penyiraman karena tanah sudah cukup lembab. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat menyesuaikan frekuensi penyiraman secara otomatis sesuai dengan kondisi cuaca, sehingga efisiensi penggunaan air dapat lebih ditingkatkan.

Selain itu, sistem ini juga diuji dalam berbagai skenario operasional, termasuk saat terjadi pemadaman listrik. Pengujian menunjukkan bahwa sistem tidak dapat beroperasi saat sumber listrik utama terganggu. Oleh karena itu, untuk meningkatkan keandalan, disarankan untuk menambahkan fitur backup power supply agar sistem tetap dapat berfungsi meskipun terjadi gangguan pada sumber listrik utama.

Dalam hal perawatan dan pengoperasian, sistem ini terbukti mudah dioperasikan dan dirawat. LCD 16x2 yang digunakan mampu menampilkan informasi secara jelas mengenai status penyiraman dan kadar kelembaban tanah. Selain itu, sistem ini dapat diaktifkan dan dinonaktifkan secara manual, sehingga pengguna memiliki fleksibilitas dalam mengontrol penyiraman sesuai kebutuhan.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem otomatisasi penyiraman berbasis Arduino Uno dan sensor kelembaban tanah ini bekerja dengan baik dan efektif dalam menjaga kelembaban tanah pada tingkat yang optimal bagi pertumbuhan tanaman cabai. Sistem ini juga terbukti efisien dalam penggunaan air dan mampu menyesuaikan frekuensi penyiraman sesuai dengan kondisi lingkungan secara real-time. Dengan demikian, sistem ini diharapkan dapat membantu petani dalam mengelola penyiraman tanaman cabai secara efisien dan efektif, serta meningkatkan produktivitas budidaya tanaman cabai dengan menjaga kelembaban tanah yang ideal

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem otomatisasi penyiraman pada tanaman cabai menggunakan Arduino Uno dan sensor kelembaban tanah mampu bekerja secara efektif dalam menjaga kadar air yang optimal untuk pertumbuhan tanaman. Sistem ini secara otomatis mengaktifkan pompa air saat kelembaban tanah di bawah 35% dan berhenti saat kelembaban mencapai tingkat optimal. Hal ini sejalan dengan kebutuhan tanaman cabai yang memerlukan kelembaban tanah pada kisaran 60% hingga 70% untuk pertumbuhan yang maksimal. Sistem ini dikarenakan oleh penggunaan sensor kelembaban tanah yang akurat dalam mendeteksi kadar air secara real-time. Data kelembaban tanah yang diperoleh kemudian diolah oleh Arduino Uno untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air secara otomatis. Pendekatan otomatisasi ini lebih efisien dibandingkan dengan metode penyiraman manual yang sering kali tidak merata dan boros air. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian oleh Gunawan dan Marliana Sari (2018) yang menunjukkan bahwa sistem penyiraman otomatis berbasis sensor kelembaban tanah dapat menghemat penggunaan air hingga 30% dan sangat membantu petani dalam mengatasi kendala musim kemarau.

Selain penelitian ini juga menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara responsif dengan waktu reaksi kurang dari 3 detik sejak sensor mendeteksi perubahan

kelembaban tanah hingga pompa air aktif. Waktu reaksi yang cepat ini memungkinkan penyiraman dilakukan secara tepat waktu, terutama saat tanah dalam kondisi kering atau kurang lembab. Hal ini penting untuk mencegah stres kekeringan pada tanaman cabai, yang dapat mempengaruhi kualitas buah. Temuan ini konsisten dengan penelitian oleh Jumingin et al. (2022) yang menggunakan sensor DHT11 untuk otomatisasi penyiraman berdasarkan suhu udara, meski parameter yang diukur berbeda.

Dalam hal efisien air, sistem ini terbukti mampu menghemat penggunaan air hingga 30% dibandingkan dengan metode penyiraman manual. Penyiraman dilakukan secara otomatis hanya ketika tanah dalam kondisi kering atau kurang lembab, sehingga tidak terjadi pemborosan air. Sistem ini juga terbukti menjaga kelembaban tanah pada tingkat yang optimal, yaitu pada kisaran 60% hingga 70%, yang sesuai dengan kebutuhan tanaman cabai. Hasil ini sejalan dengan penelitian Kevin Alfanugraha (2022) yang menggunakan sensor RTC dan menunjukkan efisiensi penggunaan air pada tanaman tomat.

Sistem ini juga menunjukkan ketasi yang baik terhadap kondisi cuaca yang berbeda. Pada saat cuaca cerah dengan tingkat penguapan yang tinggi, penyiraman dilakukan lebih sering, sedangkan pada saat hujan, sistem tidak mengaktifkan penyiraman karena tanah sudah cukup lembab. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat menyesuaikan frekuensi penyiraman secara otomatis sesuai dengan kondisi lingkungan. Penyesuaian ini serupa dengan yang dilakukan oleh Prabu Gerriansyah (2019) dalam penelitian mengenai sprayer otomatis berbasis suhu dan kelembaban tanah.

Keunggulan lain dari sistem ini adalah ke pengoperasian dan perawatan. LCD 16x2 yang digunakan mampu menampilkan informasi secara jelas mengenai status penyiraman dan kadar kelembaban tanah. Selain itu, sistem ini dapat diaktifkan dan dinonaktifkan secara manual, sehingga pengguna memiliki fleksibilitas dalam mengontrol penyiraman sesuai kebutuhan. Fleksibilitas operasional ini juga didukung oleh penggunaan Arduino Uno yang memiliki antarmuka pemrograman yang mudah digunakan dan dioptimalkan sesuai kebutuhan pengguna.

Namun, terdapat beberapa keterbatasan dalam penelitian ini, yaitu ketergantungan sistem pada sumber listrik. Saat terjadi pemadaman listrik, sistem tidak dapat beroperasi sehingga proses penyiraman otomatis terhenti. Hal ini menjadi salah satu kelemahan yang perlu diperbaiki untuk meningkatkan keandalan sistem. Untuk mengatasi keterbatasan ini, direkomendasikan untuk menambahkan backup power supply seperti baterai atau panel surya agar sistem tetap dapat berfungsi meskipun terjadi gangguan pada sumber listrik utama.

Dalam konteks perbandingan dengan penelitian terdahul dari penelitian ini adalah penggunaan sensor kelembaban tanah yang lebih spesifik untuk mengukur kadar air di dalam tanah, dibandingkan dengan penggunaan sensor suhu udara (DHT11) pada penelitian Jumingin et al. (2022) yang hanya mempertimbangkan suhu udara sebagai parameter penyiraman. Dengan mengukur kadar air secara langsung di dalam tanah, keputusan penyiraman menjadi lebih akurat dan efisien.

Selain itu, perbedaan lain yang signifikan adalah dalam hal metoan. Penelitian ini menggunakan Arduino Uno sebagai unit kontrol utama yang terhubung langsung dengan sensor kelembaban tanah dan pompa air, sementara pada penelitian Gunawan dan Marliana Sari (2018) digunakan tambahan alat solenoid untuk mengatur aliran air. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini terbukti lebih sederhana dalam

perancangan namun tetap efektif dalam mengatur penyiraman secara otomatis.

Dengan demikian, sistem otomatisasi penyiraman pada tanaman cabai terbukti efektif dan efisien dalam menjaga kelembaban tanah pada tingkat yang optimal untuk pertumbuhan tanaman cabai. Penelitian ini tidak hanya memberikan solusi praktis dalam pengelolaan penyiraman, tetapi juga memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pertanian berbasis IoT yang adaptif terhadap kondisi lingkungan secara real-time.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengembangkan sistem otomatisasi penyiraman pada tanaman cabai menggunakan Arduino Uno dan sensor kelembaban tanah di SMK Negeri 1 Tanjung. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu bekerja secara efektif dan efisien dalam menjaga kelembaban tanah pada tingkat yang optimal bagi pertumbuhan tanaman cabai. Sistem ini secara otomatis mengaktifkan pompa air saat kelembaban tanah di bawah 35% dan berhenti saat kelembaban mencapai tingkat optimal, yaitu pada kisaran 60% hingga 70%. Dengan demikian, sistem ini mampu mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal dan mengurangi keterlibatan manual dalam proses penyiraman.

Selain efektif dalam menjaga kelembaban tanah, sistem ini juga terbukti efisien dalam penggunaan air. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu menghemat penggunaan air hingga 30% dibandingkan dengan metode penyiraman manual. Hal ini disebabkan oleh penyiraman yang dilakukan secara otomatis berdasarkan data kelembaban tanah secara real-time, sehingga volume air yang diberikan sesuai dengan kebutuhan tanaman. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya meningkatkan produktivitas tanaman cabai tetapi juga berkontribusi dalam penghematan sumber daya air.

Secara keseluruhan, sistem otomatisasi penyiraman berbasis Arduino Uno dan sensor kelembaban tanah ini terbukti efektif, efisien, dan adaptif terhadap kondisi lingkungan. Sistem ini tidak hanya mampu menyesuaikan frekuensi penyiraman berdasarkan kondisi cuaca, tetapi juga mudah dioperasikan dan dirawat. Dengan adanya LCD 16x2, pengguna dapat memantau status penyiraman dan kadar kelembaban tanah secara real-time, sehingga pengelolaan irigasi menjadi lebih praktis dan efisien. Oleh karena itu, sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi inovatif dalam budidaya tanaman cabai yang lebih modern dan efisien.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, terdapat beberapa saran yang diharapkan dapat meningkatkan kinerja dan keandalan sistem. Pertama, disarankan untuk menambahkan fitur monitoring dan kontrol jarak jauh menggunakan Internet of Things (IoT) agar pengguna dapat memantau dan mengontrol penyiraman melalui perangkat seluler. Dengan adanya fitur ini, pengguna akan memiliki fleksibilitas lebih dalam mengelola penyiraman, terutama saat tidak berada di lokasi.

Selain itu, untuk meningkatkan keandalan sistem, disarankan untuk menambahkan backup power supply seperti baterai atau panel surya agar sistem tetap dapat berfungsi meskipun terjadi gangguan pada sumber listrik utama. Hal ini penting untuk mengatasi keterbatasan yang ditemukan dalam pengujian, di mana sistem tidak

dapat beroperasi saat terjadi pemadaman listrik. Dengan adanya sumber daya cadangan, kontinuitas penyiraman dapat terjaga dan risiko gagal panen akibat gangguan penyiraman dapat diminimalkan.

Agar sistem ini dapat diimplementasikan secara lebih luas, disarankan untuk melakukan evaluasi pengguna akhir dengan melibatkan petani atau pengelola taman dalam proses uji coba dan pengembangan lebih lanjut. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan masukan yang berharga mengenai fungsionalitas dan efektivitas sistem dalam skenario penggunaan nyata. Selain itu, disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan menguji sistem pada jenis tanaman lain yang memiliki kebutuhan kelembaban tanah berbeda, sehingga aplikasi sistem ini dapat diperluas ke berbagai jenis tanaman hortikultura lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Andalisto, D., Saragih, Y., & Ibrahim. (2022). Analisis Kualitatif Teknologi 5G Pengganti 4G di Indonesia. *Jurnal Edukasi Elektro*, 6(1), 1-9.
- Anggraeni, R., & Purwanto, A. (2023). Perbandingan Performa Jaringan 5G dan 4G di Indonesia. *Jurnal Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 11(2), 107-113.
- Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. (2023). *Roadmap Broadband Indonesia Menuju Era Teknologi 5G*. Jakarta: Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia.
- Masa, M. A., Abdurrahman, T. S. D., Basalamah, A., Rahman, M. N., Lahmado, H., & Afdhal, A. (2023). Analisis Potensi Teknologi Jaringan 5G Area Sulawesi Selatan. *Jumbee: Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 5(1), 41-47.
- Mulyadi, R. M. Z., Munadi, R., & Fardan, F. (2022). Analisis Kualitas Layanan Jaringan Seluler 5G Privat Berbasis Cloud Computing. *e-Proceeding of Engineering*, 8(6), 2650-2657.
- Nurhayati, S. (2023). Pemodelan Matematika dalam Pengoptimalkan Jaringan 5G untuk Layanan Internet of Things (IoT). *Penelitian Matematika*, 3(9), 1-10.
- Putra, F. P. E., Putra, D. A. M., Firdaus, A., & Hamzah, A. (2023). Analisis kecepatan dan kinerja jaringan 5G (generasi ke 5) pada wilayah perkotaan. *Informatics for Educators and Professionals: Journal of Informatics*, 8(1), 47-51.
- Raksewardhana, M., Lufianawati, D. E. T., & Masjudin. (2023). Analisis Kualitas Jaringan 5G dengan Menggunakan Metode Drive Test Di Kota Tangerang Selatan. *Jurnal Ilmiah Setrum*, 12(2), 91-99.
- Ramadhani, U., Febrianti, W., & Najemi, H. (2023). Analisis Performa Sistem Jaringan Femtocell 5G Berbasis Simulasi. *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 12(1), 1-8.
- Alfanugraha, K. (2022). Rancang Bangun Alat Penyiraman Tanaman Tomat Otomatis Menggunakan Sensor RTC Berbasis Arduino Uno. *COMSERVA Indonesian Journal of Community Services and Development*, 2(5), 369-383. <https://doi.org/10.59141/comserva.v2i5.317>
- Anggita, R. (2018). Model Otomatisasi Alat Penyiram Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno dan Sensor Kelembaban Tanah YL-69 pada Tanaman Bayam (*Amaranthus tricolor L.*). *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951-952.
- Anisah, M., Siswandi, & Husni, N. (2018). Penyiram Otomatis Berdasarkan Sensor Kelembaban Tanah. *Jurnal Teknika*, 3(2), 1-12.

- Gerriansyah, P. (2019). *Rancang Bangun Sistem Desain Sprayer Tanaman Otomatis Berdasarkan Suhu dan Kelembaban Tanah Pada Rumah Kaca Berbasis Arduino Uno*.
- Guarango, P. M. (2022). *Siman*, 180211085, FTK, PTE, 082261320137.
- Juanda, A. (2022). *Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor DHT11. Automatic Plant Watering System Using a DHT11 Sensor*, 7(2). <https://doi.org/10.31851/ampere>
- Lestari, P., Tasmi, & Antony, F. (2023). *Sistem Penyiraman Budidaya Tanaman Cabai Berdasarkan Pengukuran Suhu Dan Kelembaban Tanah*. *Journal of Intelligent Networks and IoT Global*, 1(1), 20–32. <https://doi.org/10.36982/jinig.v1i1.3080>
- Maya. (2020). *Bab II Landasan Teori*. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Rahardjo, P. (2022). *Sistem Penyiraman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Pada Tanaman Mangga Harum Manis Buleleng Bali*. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 21(1), 31. <https://doi.org/10.24843/mite.2022.v21i01.p05>
- Riswan, R. P. (2020). *Uji In-Vitro Tujuh Varietas Cabai Terhadap Colletotrichum gloeosporioides (Penz) Penz. and Sacc. dengan Metode Inokulasi yang Berbeda*.
- Sari Merliana, G. (2018). *Rancang Bangun Alat Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah*. *Journal of Electrical Technology*, 3(1), 13–17.
- Sinaga, A. A., & Aswardi, A. (2020). *Rancangan Alat Penyiram dan Pemupukan Tanaman Otomatis Menggunakan RTC dan Soil Moisture Sensor Berbasis Arduino*. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 1(2), 150–157. <https://doi.org/10.24036/jtein.v1i2.60>