Original Research Paper

Penerapan Mekanisasi Pertanian Sederhana Melalui Sistem Irigasi Semi-Otomatis Pada Lahan Praktik SMA Negeri 3 Surabaya

Fitri Wijayanti[1], Dimas Prabowo Harliando[2]. M. Ghufron Chakim[3]

[1]*Agrotechnology, Agriculture Faculty, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Surabaya, Indonesia*
[2]*Agrotechnology, Agriculture Faculty, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Surabaya, Indonesia*
[3]*Agrotechnology, Agriculture Faculty, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Surabaya, Indonesia*

DOI : https://doi.org/10.29303/jpmpi.v9i4.16391
Sitasi: Wijayanti, F., Harliando, D. P., Chakim, M. G. (2026). Penerapan Mekanisasi Pertanian Sederhana Melalui Sistem Irigasi Semi-Otomatis Pada Lahan Praktik SMA Negeri 3 Surabaya. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA, 9(4)*

Article history
Received: 12 Oktober 2026
Revised: 28 Oktober 2026
Accepted: 10 November 2026

*Corresponding Author:
Fitri Wijayanti,
Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur;
Email:
[fitri.wijayanti.agro@upnjatim.ac.id]

Abstract: SMA Negeri 3 Surabaya memiliki lahan praktik yang digunakan untuk kegiatan budidaya tanaman, sehingga diperlukan sistem pengairan yang mudah dioperasikan, terjadwal, dan dapat menjadi media pembelajaran mekanisasi pertanian sederhana. Kegiatan pengabdian ini bertujuan menerapkan sistem irigasi semi-otomatis berbasis jaringan pipa dan water timer digital serta mengevaluasi kinerja awal distribusi air pada lahan praktik sekolah. Pelaksanaan meliputi koordinasi dengan mitra, penataan 12 bedengan, pemasangan jaringan irigasi, konfigurasi water timer, penanaman tomat, serta kalibrasi debit pada tiga zona berdasarkan jarak terhadap sumber air. Sistem diatur beroperasi selama 10 menit setiap 4 jam atau enam siklus per hari. Hasil kalibrasi menunjukkan debit 150,0 mL/menit pada Zona I, 66,7 mL/menit pada Zona II, dan 60,0 mL/menit pada Zona III. Dengan durasi penyiraman yang sama, estimasi volume air harian masing-masing sebesar 9,0; 4,0; dan 3,6 L. Sistem berhasil dipasang dan berfungsi, tetapi evaluasi awal menunjukkan ketidakmerataan distribusi air akibat perbedaan tekanan sepanjang jaringan. Temuan tersebut menjadi dasar untuk optimalisasi tata letak pipa dan monitoring lanjutan sebelum kinerja penyiraman seragam dapat dicapai.

Keywords: automatic irrigation, simple mechanization, tomato, school practice field, community service

Pendahuluan

Pengelolaan lahan praktik di lingkungan sekolah memerlukan sistem budidaya yang mudah dioperasikan, terukur, dan dapat dipelajari oleh warga sekolah. Salah satu komponen penting dalam budidaya tanaman adalah pengairan karena ketepatan waktu dan jumlah air berpengaruh terhadap efisiensi penggunaan air serta respons pertumbuhan tanaman (Somefun et al., 2024; Akter et al., 2025; Zhang et al., 2025). Penerapan otomatisasi sederhana dapat membantu mengatur waktu penyiraman secara lebih terjadwal sekaligus menjadi media pembelajaran teknologi pertanian yang aplikatif bagi guru dan siswa. Penerapan sistem irigasi otomatis berbasis timer telah dilaporkan dapat mendukung keteraturan pengairan pada lahan pertanian dan kegiatan pemberdayaan masyarakat (Handriatni et al., 2023; Firmansa et al., 2025; Nofiyanto et al., 2025; Tang et al., 2024).

Pada tingkat teknologi yang lebih lanjut, sistem irigasi cerdas dapat dikembangkan dengan sensor kelembapan tanah, pemantauan lingkungan, dan konektivitas Internet of Things (IoT) (Daulay et al., 2024; Ardianto et al., 2025; Abdelmoneim et al., 2025). Namun, implementasi teknologi canggih tidak selalu menjadi pilihan awal bagi mitra sekolah. Sistem yang lebih sederhana, seperti jaringan pipa yang dikendalikan water timer digital, memiliki konstruksi yang relatif mudah dipahami dan dioperasikan. Pendekatan bertahap tersebut relevan untuk lingkungan pendidikan karena teknologi irigasi dapat sekaligus menjadi media belajar berbasis praktik dan meningkatkan kompetensi pengguna (Nofiyanto et al., 2025). Perkembangan menuju sistem berbasis sensor dan analitik cerdas menunjukkan bahwa otomasi dapat ditingkatkan secara bertahap sesuai kebutuhan dan kesiapan pengguna (Del-Coco et al., 2024; Tang et al., 2024). Sistem sederhana dapat menjadi tahap awal menuju pengelolaan irigasi yang lebih presisi dan berkelanjutan (Jannah, 2025).

Kegiatan pengabdian ini dilaksanakan di SMA Negeri 3 Surabaya dengan fokus pada penerapan

mekanisasi pertanian sederhana melalui sistem irigasi semi-otomatis. Lahan praktik sekolah ditata menjadi 12 bedengan untuk tanaman tomat dan dibagi ke dalam tiga zona berdasarkan jarak relatif terhadap sumber air. Selain pemasangan sistem, dilakukan kalibrasi awal debit pada masing-masing zona untuk mengetahui keseragaman suplai air. Kalibrasi penting dilakukan karena karakteristik hidraulik jaringan, tekanan operasi, hubungan tekanan-debit pada outlet, dan tipe emitter dapat memengaruhi keseragaman distribusi air (Kunapara et al., 2024; Firmansa et al., 2025; Xing et al., 2025).

Tujuan kegiatan pada tahap yang dilaporkan dalam artikel ini adalah menerapkan sistem irigasi otomatis sederhana di lahan praktik sekolah dan mengevaluasi kinerja awal distribusi air berdasarkan debit pada tiga zona bedengan. Hasil awal tersebut digunakan sebagai dasar untuk menentukan kebutuhan optimasi instalasi pada tahap pelaksanaan berikutnya.

Metode Pelaksanaan

1. Lokasi dan Waktu Pelaksanaan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan di SMA Negeri 3 Surabaya pada lahan praktik sekolah. Pelaksanaan mencakup tahap koordinasi, penataan lahan, pemasangan sistem, penanaman tomat, dan monitoring awal selama tahun 2026. Mitra sekolah menyediakan lahan praktik, akses sumber air dan listrik, serta melibatkan Kepala Sekolah, guru pendamping, siswa, dan penanggung jawab lapangan dalam koordinasi dan proses instalasi. Kesediaan kerja sama mitra telah dituangkan dalam surat pernyataan kerja sama yang ditandatangani pada 25 Februari 2026.

2. Metode Pelaksanaan

Pelaksanaan kegiatan menggunakan pendekatan partisipatif melalui koordinasi dan identifikasi kebutuhan, persiapan lahan, instalasi teknologi, uji fungsi, serta monitoring awal. Pendekatan ini menempatkan mitra sebagai pengguna sekaligus bagian dari proses penerapan teknologi sehingga sistem yang dibangun dapat dioperasikan dan dipelihara bersama setelah kegiatan berakhir. Pendekatan partisipatif semacam ini penting dalam pemilihan dan adopsi inovasi irigasi karena keterlibatan pengguna membantu menyesuaikan teknologi dengan kebutuhan dan kondisi lapangan (Cameira et al., 2024; Tang et al., 2024).

- Koordinasi dan survei lokasi untuk mengidentifikasi kondisi lahan, sumber air, kebutuhan pengairan, dan kesiapan mitra.
- Pengolahan dan penataan lahan menjadi 12 bedengan untuk budidaya tomat.
- Pemasangan jaringan pipa distribusi, sumber air/pompa, dan water timer digital.
- Konfigurasi timer selama 10 menit setiap 4 jam sehingga terdapat enam siklus penyiraman per hari. Pengaturan tersebut merupakan konfigurasi awal program dan bukan nilai kebutuhan air tanaman yang telah dioptimalkan melalui evapotranspirasi atau sensor kelembapan. Literatur pada tomat menunjukkan bahwa interval dan level irigasi berpengaruh terhadap pertumbuhan, hasil, dan produktivitas air, sehingga jadwal awal perlu dikalibrasi terhadap kondisi tanaman dan lingkungan (Somefun et al., 2024; Akter et al., 2025; Zhang et al., 2025).
- Uji fungsi dan kalibrasi debit air pada tiga zona bedengan berdasarkan jaraknya terhadap sumber air. Pengujian debit diperlukan karena perubahan tekanan, karakteristik hidraulik jaringan, tipe emitter, dan potensi clogging dapat menghasilkan variasi debit pada outlet (Kunapara et al., 2024; Xing et al., 2025; Hou et al., 2024).
- Monitoring awal lahan dan instalasi untuk mengidentifikasi kebocoran, sumbatan, serta ketidakmerataan distribusi air.

3. Kalibrasi Debit dan Analisis Awal

Kalibrasi dilakukan dengan mengukur waktu yang diperlukan pada setiap zona untuk mengisi volume air sebesar 600 mL. Debit air dihitung menggunakan persamaan sederhana:

$$Q = V / t \quad (1)$$

dengan Q adalah debit air (mL/menit), V adalah volume air yang diukur (600 mL), dan t adalah waktu pengisian (menit). Volume air per siklus dihitung dari debit dikalikan durasi penyiraman 10 menit, sedangkan volume harian dihitung berdasarkan enam siklus penyiraman. Analisis dilakukan secara deskriptif dengan membandingkan debit dan estimasi volume air antarzona.



Gambar 1. Kunjungan, diskusi, dan koordinasi kegiatan pengabdian dengan mitra.

Hasil dan Pembahasan

1. Koordinasi, Penataan Lahan, dan Kondisi Awal

Tahap awal kegiatan diawali dengan kunjungan dan diskusi bersama pihak sekolah untuk menyelaraskan kebutuhan lahan praktik dan kebutuhan teknologi pengairan. Hasil peninjauan menunjukkan bahwa lahan praktik sekolah perlu ditata agar lebih sistematis sebelum instalasi irigasi

dipasang. Penataan dilakukan dengan membentuk 12 bedengan yang kemudian digunakan untuk penanaman tomat. Kegiatan ini juga menghasilkan pembagian lokasi menjadi tiga zona berdasarkan jarak relatif terhadap sumber air, yaitu Zona I untuk empat bedengan terdekat, Zona II untuk empat bedengan pada posisi tengah, dan Zona III untuk empat bedengan terjauh.



Gambar 2. Kondisi awal lahan praktik sebelum penataan dan penerapan sistem irigasi.

Kondisi awal lahan menunjukkan adanya kebutuhan untuk memperbaiki struktur penataan bedengan dan memastikan ketersediaan jalur distribusi air sebelum sistem dipasang. Oleh karena itu, tahap persiapan tidak hanya menjadi pekerjaan teknis, tetapi juga menjadi bagian dari pembelajaran lapangan bagi guru dan siswa mengenai hubungan antara tata letak lahan dan desain jaringan pengairan. Keterkaitan antara kondisi lapangan, desain sistem, dan keterlibatan pengguna merupakan bagian penting dari penerapan inovasi irigasi secara partisipatif (Cameira et al., 2024).



Gambar 3. Pengolahan dan penataan awal lahan praktik.

2. Implementasi Sistem Irigasi Semi-Otomatis

Jaringan irigasi semi-otomatis dipasang setelah lahan dan bedengan siap digunakan. Sistem mengintegrasikan sumber air, pompa, jaringan pemipaan, dan water timer digital. Konfigurasi awal water timer ditetapkan selama 10 menit setiap 4 jam dalam siklus 24 jam. Dengan demikian, terdapat enam interval penyiraman per hari. Pengaturan tersebut digunakan sebagai konfigurasi awal agar pemberian air dapat berlangsung secara terjadwal tanpa ketergantungan penuh pada penyiraman manual. Pendekatan penjadwalan seperti ini dapat menjadi dasar pengelolaan air, tetapi optimalisasi kebutuhan tanaman tetap memerlukan evaluasi respons tanaman dan kondisi air-tanah (Somefun et al., 2024; Akter et al., 2025).



Gambar 4. Pemasangan jaringan irigasi, pompa, water timer, dan persiapan bedengan.

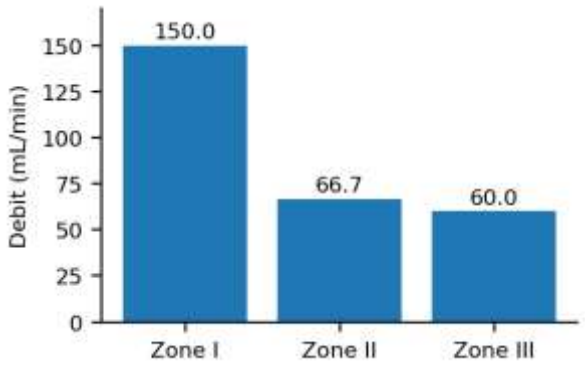
Pada tahap implementasi, keterlibatan mitra menjadi bagian penting. Pihak sekolah menyediakan lahan, sumber air, daya listrik, dan dukungan sumber daya manusia dalam proses koordinasi serta instalasi. Keterlibatan tersebut memperlihatkan bahwa teknologi yang diterapkan dirancang tidak hanya sebagai alat, tetapi sebagai sarana pembelajaran dan pengelolaan lahan yang dapat digunakan oleh sekolah.

3. Hasil Kalibrasi Debit Pada Tiga Zona

Hasil pengukuran awal menunjukkan adanya perbedaan debit yang cukup jelas antarzona. Zona I yang paling dekat dengan sumber air memerlukan waktu empat menit untuk mencapai volume 600 mL sehingga debitnya mencapai 150,0 mL/menit. Zona II memerlukan sembilan menit dengan debit 66,7 mL/menit, sedangkan Zona III memerlukan 10 menit dengan debit 60,0 mL/menit. Ringkasan hasil pengukuran ditampilkan pada Tabel 1. Perbedaan debit antarzona konsisten dengan prinsip bahwa distribusi air dipengaruhi oleh tekanan dan karakteristik hidraulik jaringan irigasi (Kunapara et al., 2024; Xing et al., 2025).

Tabel 1. Hasil Pengukuran Debit Air Pada Tiga Zona Bedengan

Zona / Posisi	t 600 mL (menit)	Debit (mL/min)	Volume/hari (L)
I - Terdekat sumber air	4	150,0	9,0
II - Tengah	9	66,7	4,0
III - Terjauh sumber air	10	60,0	3,6



Gambar 5. Perbandingan debit air yang terukur pada tiga zona bedengan.

Data menunjukkan bahwa debit air cenderung menurun seiring bertambahnya jarak bedengan dari sumber air. Debit Zona I sebesar 150,0 mL/menit sekitar 2,5 kali lebih besar dibandingkan Zona III yang sebesar 60,0 mL/menit. Dengan durasi penyiraman yang sama, yaitu 10 menit pada setiap siklus, perbedaan debit tersebut secara langsung menghasilkan perbedaan volume air harian. Estimasi volume harian menjadi sekitar 9,0 L pada Zona I, 4,0 L pada Zona II, dan 3,6 L pada Zona III.

Temuan tersebut menunjukkan bahwa penyetaraan waktu operasi water timer belum secara otomatis menghasilkan volume air yang seragam pada seluruh bedengan. Variasi ini berkaitan dengan perbedaan tekanan pada jaringan distribusi sederhana dan menjadi salah satu kendala teknis utama yang dicatat pada laporan kemajuan. Kondisi serupa menjadi pertimbangan penting dalam penerapan sistem irigasi otomatis karena desain jaringan, kehilangan tekanan, posisi outlet, dan karakteristik emitter dapat memengaruhi distribusi air (Firmansa et al., 2025; Handriatni et al., 2023; Kunapara et al., 2024; Xing et al., 2025; Hou et al., 2024). Dengan demikian, pemerataan volume air tidak cukup dicapai hanya dengan menyamakan waktu operasi timer, tetapi juga perlu mempertimbangkan desain hidraulik jaringan dan kondisi operasi.

Pada tahap laporan ini, data pertumbuhan tanaman tomat secara lengkap dari fase vegetatif hingga generatif belum tersedia. Oleh karena itu, hubungan langsung antara variasi debit dan pertumbuhan atau hasil tomat belum dapat disimpulkan. Monitoring lanjutan diperlukan untuk menghubungkan kinerja hidraulik instalasi dengan respons tanaman secara lebih objektif.

4. Monitoring Awal dan Keterlibatan Mitra

Monitoring awal memperlihatkan bahwa sistem telah berfungsi dan dapat digunakan untuk penyiraman tanaman di lahan mitra. Kegiatan monitoring juga menjadi kesempatan untuk mengevaluasi kondisi pipa, sumber air, dan perangkat timer sekaligus mendampingi pihak sekolah dalam memahami cara pengoperasian sistem. Dokumentasi monitoring menunjukkan keterlibatan guru dan siswa dalam pengamatan lahan serta pengecekan komponen instalasi. Penggunaan sistem irigasi sebagai media praktik di lingkungan sekolah sejalan dengan temuan kegiatan pengabdian lain yang menunjukkan bahwa teknologi irigasi dapat sekaligus meningkatkan kompetensi pengguna dan menjadi media pembelajaran nyata bagi siswa (Nofiyanto et al., 2025; Abdelmoneim et al., 2025).



Gambar 6. Monitoring lahan, tanaman tomat, dan instalasi irigasi bersama mitra.

Kontribusi mitra direalisasikan dalam bentuk penyediaan lahan praktik, sumber air, daya listrik, dan keterlibatan aktif unsur sekolah pada tahapan koordinasi, survei, serta instalasi. Penunjukan penanggung jawab lapangan dari pihak sekolah juga mendukung komunikasi rutin dengan tim pengabdian. Dengan keterlibatan tersebut, keberlanjutan sistem tidak hanya bergantung pada tim pelaksana, tetapi juga pada kemampuan pengguna di sekolah untuk melakukan pemeriksaan dan pengoperasian dasar. Keterlibatan pemangku kepentingan sejak identifikasi masalah hingga penerapan teknologi juga dipandang penting untuk mendukung keberlanjutan inovasi irigasi (Cameira et al., 2024).

5. Kendala Teknis dan Rencana Optimalisasi

Kendala teknis utama adalah terjadinya penurunan tekanan air pada blok bedengan yang paling jauh dari sumber air. Waktu yang diperlukan untuk mencapai 600 mL pada Zona III mencapai 10 menit, sedangkan Zona I hanya memerlukan 4 menit. Perbedaan tersebut menyebabkan ketidakmerataan suplai air ketika seluruh zona dioperasikan dengan durasi yang sama. Berdasarkan laporan kemajuan, solusi yang akan diterapkan adalah modifikasi desain aliran pipa pada masing-masing bedengan agar volume air yang diterima lebih merata. Pendekatan ini sejalan dengan temuan bahwa karakteristik tekanan, emitter, dan clogging perlu diperhitungkan dalam pemeliharaan dan desain distribusi air (Xing et al., 2025; Hou et al., 2024).

Tahap berikutnya mencakup monitoring pertumbuhan tanaman tomat dari fase vegetatif hingga generatif, pemeriksaan berkala terhadap kebocoran dan sumbatan emitter, modifikasi jaringan

irigasi, pelatihan lanjutan bagi guru dan siswa, serta pelaksanaan pre-test dan post-test sebagai bagian dari luaran wajib. Data lanjutan tersebut diperlukan untuk menilai apakah optimasi distribusi air dapat meningkatkan konsistensi pengairan sekaligus memperkuat fungsi teknologi sebagai media pembelajaran di sekolah. Monitoring pertumbuhan dan kondisi air-tanah penting dilakukan karena keberhasilan penjadwalan irigasi pada tomat berkaitan dengan keseimbangan antara kebutuhan air, pertumbuhan, hasil, dan efisiensi penggunaan air (Somefun et al., 2024; Akter et al., 2025; Zhang et al., 2025). Di sisi lain, perkembangan sistem irigasi cerdas menunjukkan bahwa integrasi sensor, konektivitas, dan pengambilan keputusan berbasis data dapat menjadi arah pengembangan berikutnya setelah sistem dasar stabil (Del-Coco et al., 2024; Abdelmoneim et al., 2025).

Kesimpulan

Program pengabdian di SMA Negeri 3 Surabaya telah menghasilkan penerapan sistem irigasi semi-otomatis berbasis jaringan pipa dan water timer digital pada lahan praktik sekolah. Berdasarkan hasil yang telah dicapai pada tahap laporan kemajuan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Lahan praktik telah ditata menjadi 12 bedengan dan digunakan untuk budidaya tomat, sedangkan sistem irigasi telah terpasang dan dapat dioperasikan oleh mitra sekolah.
2. Konfigurasi awal water timer selama 10 menit setiap 4 jam menghasilkan enam siklus penyiraman per hari, tetapi kalibrasi menunjukkan debit yang berbeda antarzona, yaitu 150,0 mL/menit, 66,7 mL/menit, dan 60,0 mL/menit.
3. Perbedaan debit menyebabkan estimasi volume air harian sekitar 9,0 L, 4,0 L, dan 3,6 L pada Zona I, II, dan III sehingga sistem masih memerlukan optimasi distribusi air.
4. Hasil awal dapat menjadi dasar untuk modifikasi jaringan pipa, monitoring pertumbuhan tanaman, serta penguatan kapasitas guru dan siswa dalam pengoperasian teknologi irigasi sederhana.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur atas dukungan terhadap pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pimpinan, guru, siswa, dan seluruh pihak SMA Negeri 3 Surabaya yang telah menyediakan lahan, sumber daya, serta berpartisipasi aktif dalam koordinasi, instalasi, dan monitoring sistem irigasi sehingga kegiatan dapat terlaksana.

Daftar Pustaka

Abdelmoneim, A. A., Kimaita, H. N., Al Kalaany, C. M., Derardja, B., Dragonetti, G., & Khadra, R. (2025). IoT Sensing for Advanced Irrigation Management: A Systematic Review of Trends, Challenges, and Future Prospects. Sensors, 25(7), 2291. https://doi.org/10.3390/s25072291

Akter, T., Akter, N., Singha, A., & Nurun Nabi Mazumder, M. (2025). Optimizing irrigation scheduling using a drip system to enhance water use efficiency in tomato cultivation. International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences, 9(2), 261-271. https://doi.org/10.31015/2025.2.1

Ardianto, F. A., Rahmasari, E. S., & Pratama, A. P. (2025). Smart Irrigation System Berbasis IoT dengan Sensor Soil Moisture dan DHT22 Menggunakan Sumber Daya Terbarukan. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Bisnis, 500–511. doi:10.47701/2p6nej88.

Cameira, M. D. R., Rodrigo, I., Garção, A., Neves, M., Ferreira, A., & Paredes, P. (2024). Linking participatory approach and rapid appraisal methods to select potential innovations in collective irrigation systems. Agricultural Water Management, 299, 108885. DOI: 10.1016/j.agwat.2024.108885.

Daulay, D. P., Yogi, & Rokhandi, R. T. (2024). Smart Farming Automatic Irrigation System Berbasis IoT Dalam Optimalisasi Suplai Air Lahan Pada Perkebunan Di Desa Pondok Meja. J-Innov, 13(2), 78–85.

Del-Coco, M., Leo, M., & Carcagnì, P. (2024). Machine Learning for Smart Irrigation in Agriculture: How Far along Are We? Information, 15(6), 306. doi:10.3390/info15060306.

Firmansa, I., Firatama, A. D., & Kamal, M. A. (2025). Sistem Irigasi Semi-Otomatis Berbasis Graf Pohon Biner untuk Efisiensi Penyiraman Tanaman di Desa Batang-Batang Daya. Alamtana J Pengabdi Masy UNW Mataram, 6(1), 60–67.

Handriatni, A., Ariadi, H., Tamam, I., & Septiana, D. K. (2023). Pengabdian Masyarakat Terkait Penerapan Teknologi Irigasi Otomatis di Lahan Pertanian Marjinal Desa Wonopringgo Pekalongan. Jurnal Abdimas, 4.

Hou, P., Ma, C., Wang, J., Li, Y., Zhang, K., Hou, S., Li, J., Sun, Z., Xiao, Y., & Li, Y. (2024). Failure behavior of pressure compensating emitter under different operation pressures in

drip irrigation systems. Agricultural Water Management, 297, 108835. DOI: 10.1016/j.agwat.2024.108835

Jannah, M. (2025). Sosialisasi Penerapan IoT dalam Sistem Irigasi Otomatis untuk Mendukung Pertanian Berkelanjutan pada Masyarakat Glumpang Tujuh – Lhoksukon Aceh Utara.

Kunapara, A. N., Subbaiah, R., & Patel, G. R. (2024). Approximation of the pressure-discharge curve in inline drip irrigation system. Journal of Scientific Research and Reports, 30(8), 35–45. 10.9734/jsrr/2024/v30i82222.

Nofiyanto, E., Haslina, & Nurdiyah, D. (2025). Dissemination of IoT-based drip irrigation technology for hydroponic melon farming. (2025). *Community Empowerment*, *10*(9), 1886-1895. https://doi.org/10.31603/ce.14824.

Somefun, O.T., Masasi, B. and Adelabu, A.O. (2024), Irrigation and Water Management of Tomatoes–A Review. Journal of Sustainable Agriculture and Environment, 3: e70020. https://doi.org/10.1002/sae2.70020.

Tang, P., Liang, Q., Li, H., & Pang, Y. (2024). Application of Internet-of-Things Wireless Communication Technology in Agricultural Irrigation Management: A Review. Sustainability, 16(9), 3575. doi:10.3390/su16093575.

Xing, S., Du, K., Liu, N., Li, M., Li, W., Zhang, J., Yin, F., Zhang, J., & Wang, Z. (2025). Effect of dynamic pressure and emitter type on irrigation and fertigation uniformity of drip irrigation systems. Agricultural Water Management, 312, 109418. 10.1016/j.agwat.2025.109418.

Zhang, H., Cao, H., Zhao, Z., & Dou, Z. (2025). Effects of Irrigation Interval and Irrigation Level on Growth, Photosynthesis, Fruit Yield, Quality, and Water-Nitrogen Use Efficiency of Drip-Fertigated Greenhouse Tomatoes (Solanum lycopersicum L.). Agronomy, 15(5), 1068. doi:10.3390/agronomy15051068.