AgriTechno
Jurnal Teknologi Pertanian

Jurnal Agritechno, Vol. 19, No. 2, Oktober 2026
http://agritech.unhas.ac.id/ojs/index.php/at
ISSN Online : 2656-2413
ISSN Print : 1979-7362

ANALISIS KESERAGAMAN DISTRIBUSI AIR PADA SISTEM IRIGASI TETES MENGGUNAKAN EMITER TIPE INLINE DENGAN VARIASI WAKTU OPERASI

(*Analysis of Water Distribution Uniformity in a Drip Irrigation System Using Inline Emiters with Varying Operation Times*)

Muhammad Rizal[1*)], Miladiarsi[2)], dan Rahmat[3)]

[1*)] Jurusan Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru Kalimantan Selatan, Indonesia
[2)] Jurusan Hama Penyakit Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru Kalimantan Selatan
[3)] Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru Kalimantan Selatan
[*)] email korespondensi: muhammadrizal@ulm.ac.id

ABSTRACT

Crop cultivation using conventional irrigation methods remains inefficient in terms of water, time, and labor; therefore, it is necessary to evaluate the uniformity of water distribution in a drip irrigation system using inline emiters with varying operating times to support irrigation efficiency, uniform plant growth, and optimal productivity. The objective of this study was to evaluate the effect of varying operating times on water distribution in a drip irrigation system. This study employed a Research and Development (R&D) approach, involving the design, construction, and testing of a drip irrigation system using inline emiters with four operating time variations (2, 4, 6, and 8 minutes), each repeated three times. Data on water volume, emiter flow rate, water distribution uniformity (EUmin), and coefficient of variation (CV) were obtained through direct measurements at each emiter and then analyzed using mathematical and statistical equations to evaluate the performance of the drip irrigation system. The results of the study show that increasing the operating time of the drip irrigation system consistently increases the volume of water delivered, even though the emiter flow rate tends to decrease due to reduced pressure during the irrigation process. In addition, the system continues to maintain a fairly good level of uniformity in water distribution (EUmin 73.65%), with the coefficient of variation decreasing over time, indicating that water distribution performance is becoming more stable and uniform. In conclusion, variations in operating time affect the characteristics of water distribution in drip irrigation systems, as evidenced by an increase in water volume, a fairly good distribution uniformity value (EUmin 73.65%), and a decrease in the coefficient of variation (CV) from 20.8% to 13.1%. These results indicate that, over time, a drip irrigation system using inline emitters is capable of providing stable, uniform, and efficient water distribution to support crop irrigation.

Keywords: Coefficient of Variation, Drip Irrigation, Emiters, Time Variation, Water Distribution

ABSTRAK

Budidaya tanaman dengan metode penyiraman konvensional masih kurang efisien dalam penggunaan air, waktu, dan tenaga, sehingga diperlukan evaluasi keseragaman distribusi air pada sistem irigasi tetes menggunakan emiter tipe *inline* dengan variasi waktu operasi untuk mendukung efisiensi irigasi, pertumbuhan tanaman yang seragam, dan produktivitas yang optimal. Tujuan penelitian mengevaluasi pengaruh variasi waktu operasi terhadap distribusi air yang dihasilkan dalam sistem

AgriTechno
Jurnal Teknologi Pertanian
Jurnal Agritechno, Vol. 19, No. 2, Oktober 2026
http://agritech.unhas.ac.id/ojs/index.php/at
ISSN Online : 2656-2413
ISSN Print : 1979-7362

irigasi tetes. Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dan eksperimen yang dilaksanakan melalui perancangan, pembuatan, dan pengujian sistem irigasi tetes menggunakan emiter tipe *inline* dengan empat variasi waktu operasi (2, 4, 6, dan 8 menit) yang diulang sebanyak tiga kali. Data berupa volume air, debit emiter, keseragaman distribusi air (EUmin), dan koefisien variasi (CV) diperoleh melalui pengukuran langsung pada setiap emiter, kemudian dianalisis menggunakan persamaan matematis dan statistik untuk mengevaluasi kinerja sistem irigasi tetes. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan waktu operasi sistem irigasi tetes meningkatkan volume air yang dialirkan secara konsisten, meskipun debit emiter cenderung menurun akibat berkurangnya tekanan selama proses pengaliran. Selain itu, sistem tetap mempertahankan tingkat keseragaman distribusi air yang cukup baik (EUmin 73.65%) dengan nilai koefisien variasi yang semakin menurun seiring bertambahnya waktu operasi, sehingga menunjukkan bahwa kinerja distribusi air menjadi lebih stabil dan seragam. Kesimpulan variasi waktu operasi mempengaruhi karakteristik distribusi air pada sistem irigasi tetes, ditunjukkan oleh peningkatan volume air, nilai keseragaman distribusi yang cukup baik (EUmin 73.65%), serta penurunan koefisien variasi (CV) dari 20.8% sampai 13.1%. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem irigasi tetes menggunakan emiter tipe *inline* seiring bertambahnya waktu sistem irigasi mampu memberikan distribusi air yang stabil, seragam, dan efisien untuk mendukung penyiraman tanaman.

Kata Kunci: Koefisien Variasi, Irigasi Tetes, Emiter, Variasi Waktu, Distribusi Air

PENDAHULUAN

Penyiraman tanaman oleh petani atau masyarakat perkotaan yang hobi berkebun umumnya masih menggunakan metode tradisional seperti ember atau selang secara langsung. Metode ini kurang efektif karena bergantung pada tenaga manusia, memakan banyak waktu, dan menghasilkan distribusi air yang tidak merata pada setiap media tanam, sehingga perlu adanya pengembangan alat penyiram yang dapat menyelesaikan persoalan tersebut (Rahman, Novitasari, Jamaluddin, & Ilham, 2024). Metode irigasi secara konvensional sangat merugikan bagi Masyarakat petani karena membutuhkan air, waktu dan tenaga yang sangat banyak untuk proses irigasinya. Oleh karena itu untuk mengatasi kelemahan tersebut dibutuhkan system irigasi yang dapat berfungsi secara otomatis, hemat air, dan bisa memenuhi kebutuhan tanaman untuk proses pertumbuhan dan meningkatkan produktivitas (Haerul, Mardhiana, & Mubarak, 2026).

Ketersediaan air merupakan salah satu faktor utama yang menentukan keberhasilan budidaya tanaman. Peningkatan kebutuhan air pada sektor pertanian di tengah keterbatasan sumber daya air mendorong perlunya penerapan teknologi irigasi yang mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air (Chen et al., 2025). Salah satu teknologi yang banyak diterapkan Adalah system irigasi tetes karena mampu menyalurkan air secara langsung ke daerah perakaran tanaman dalam jumlah yang terukur, sehingga dapat mengurangi kehilangan air akibat evaporasi, selain meningkatkan efisiensi penggunaan air, sistem irigasi tetes juga berkontribusi terhadap peningkatan pertumbuhan dan produktivitas tanaman melalui pemberian air yang lebih tepat sesuai kebutuhan (Tshitende, Kabuya, Malumba, & Wellens, 2026).

Irigasi tetes merupakan metode penyiraman tanaman yang efektif dan efisien dalam pemanfaatan air, khususnya pada budidaya tanaman tertentu yang memiliki kebutuhan air spesifik (Liu et al., 2026) (Anwar, Agusalim, & Hamdi, 2026). Optimalisasi irigasi tetes dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman dengan mengatur pemberian air secara tepat sesuai kebutuhan fisiologis tanaman.(EKSUPA, 2025)

Keberhasilan sistem irigasi tetes tidak hanya ditentukan oleh efisiensi penggunaan air, tetapi juga oleh tingkat keseragaman distribusi air pada setiap emiter (Liu et al., 2026). Distribusi air yang tidak seragam menyebabkan sebagian tanaman menerima air dalam jumlah berlebih, sedangkan tanaman lainnya mengalami kekurangan air. Kondisi tersebut bisa mengakibatkan pertumbuhan tanaman yang tidak seragam, menurunkan hasil panen, serta mengurangi efisiensi penggunaan air dan pupuk, terutama pada sistem fertigasi. Oleh karena itu evaluasi terhadap keseragaman distribusi air menjadi salah satu indikator penting dalam menilai kinerja suatu sistem irigasi tetes.

Salah satu komponen yang berperan dalam menentukan keseragaman distribusi air adalah emiter. Emiter tipe inline banyak digunakan karena pemasangannya lebih praktis, memiliki jarak emiter yang seragam, serta sesuai untuk berbagai jenis komoditas. Meskipun demikian debit yang dihasilkan setiap emiter dapat mengalami variasi akibat perbedaan tekanan sepanjang pipa lateral, karakteristik hidraulik jaringan perpipaan, serta lama waktu operasi sistem. Penurunan tekanan dan kelebihan tekanan dibeberapa titik emiter menyebabkan debit emiter menjadi lebih kecil dibandingkan emiter lainnya, sehingga berpotensi menurunkan tingkat keseragaman distribusi air (Negara, Supriyadi, et al., 2024).

Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian sebelumnya, penelitian mengenai Analisis Keseragaman Distribusi Air pada Sistem Irigasi Tetes Menggunakan Emiter Tipe Inline dengan Variasi Waktu Operasi perlu dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh variasi waktu operasi terhadap distribusi air yang dihasilkan dalam sistem irigasi tetes. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai karakteristik keseragaman distribusi air pada sistem irigasi tetes serta menjadi dasar dalam pengembangan dan pengelolaan sistem irigasi yang lebih efisien, efektif, dan mampu mendukung penggunaan air secara berkelanjutan pada sektor pertanian.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode Penelitian yang digunakan yaitu Pengambilan data dilaksanakan dengan menggunakan metode Research and Development (R&D) dan Metode Eksperimen. Metode Research and Development (R&D) dimana peneliti melakukan studi literature, melakukan komputasi rancangan, analisis kebutuhan, implementasi, dan pengujian alat yang dipergunakan sebagai dasar dalam perencanaan dan konstruksi serta uji coba yang dilakukan pada alat. Metode Eksperimen dilakukan untuk uji fungsional alat dan uji lapangan dengan perlakuan yang berbeda-beda pada beberapa variable yang diamati lalu dianalisis dengan menggunakan metode statistika.

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan juni sampai agustus 2025, di laboratorium mekanisasi pertanian dan lahan praktikum Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat, Kalimantan Selatan. Pengujian dilakukan pada sistem irigasi

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini Adalah Pipa cutter (Muscle Cow), Pelubang Selang (Hole Punch 7 mm), Gelas Ukur (500 ml), Automatic Digital Irrigation Water Timer (Arus DC, 16 Program), dan Stopwhatc.

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Selang PE 16 mm, Selang HDPE 7 mm, Konektor T 7 mm, Konektor T 16 mm, End Plug 16 mm, Konektor Lurus 7 mm, Kran Valve, Emiter Tetes 2 L/Jam, Polybag, dan air bersih

Prosedur Penelitian

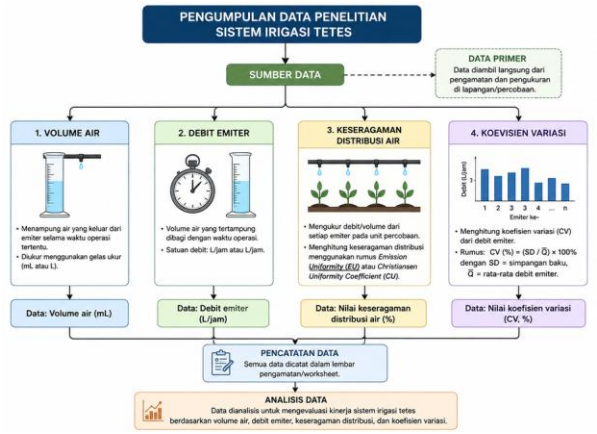
Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan satu faktor, yaitu variasi waktu operasi sistem irigasi tetes. Perlakuan terdiri atas empat tingkat waktu operasi, yaitu 2 menit, 4 menit, 6 menit, dan 8 menit. Pengujian dan pengukuran Sistem irigasi tetes terdiri atas 10 emiter dengan panjang jaringan irigasi 8 meter dengan jarak setiap emiter 60 cm. Setiap perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali ulangan sehingga diperoleh data yang

representatif untuk dianalisis. Pada setiap perlakuan, volume air yang keluar dari masing-masing emiter ditampung menggunakan gelas ukur selama waktu operasi yang telah ditentukan. Pengukuran dilakukan saat awal sistem diaplikasikan sampai mencapai kondisi aliran stabil sehingga data yang diperoleh mencerminkan kondisi operasi yang sebenarnya. Desain sistem irigasi tetes dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Desain sistem irigasi tetes dan alat kontrol

Data penelitian diperoleh melalui pengukuran langsung terhadap volume air yang dihasilkan oleh setiap emiter pada masing-masin perlakuan waktu fungsi irigasi tetes. Pengukuran dilakukan dengan langkah – langkah pada gambar 2 berikut:



Gambar 2. Tahapan pengumpulan data penelitian

Data primer yang diperoleh meliputi volume air, debit emiter, keseragaman distribusi air, dan coefisien variasi.

Data hasil pengukuran dianalisis untuk menentukan volume air, debit emiter, keseragaman distribusi air, dan koefisien variasi.

a. Volume Air
Volume air diperoleh melalui pengukuran langsung pada gelas ukur yang dinyatakan dalam satuan (ml)

b. Debit Emiter
Debit setiap emiter dihitung menggunakan persamaan:

$$Q = \frac{V}{t} \ldots\ldots 1$$

Keterangan:
Q: Debit emiter (L/jam atau ml/menit)
V: Volume air (L atau ml)
t: Waktu operasi (menit atau jam)

c. Keseragaman Distribusi minimum (EUmin)

$$EUmin = 100 \times \frac{\bar{q}25\%}{\bar{q}} \ldots\ldots 2$$

Keterangan:
EUmin: Keseragaman emiter minimum (%)
q̄25%: Rata-rata debit 25% emiter dengan debit terkecil (L/jam)
q̄: Rata-rata debit seluruh emiter (L/jam)

Tabel 1. Interpretasi Nilai EUmin.

EUmin (%)	Kategori Keseragaman
> 90%	Sangat Baik
80% – 90%	Baik
70% – 80%	Cukup
< 70%	Buruk

d. Koefisien Variasi
Koefisien variasi digunakan untuk mengetahui Tingkat variasi debit antara emiter dan dihitung menggunakan persamaan:

$$CV = \frac{Standar\ Deviasi}{Rata{-}rata} * 100\% \ldots\ldots 3$$

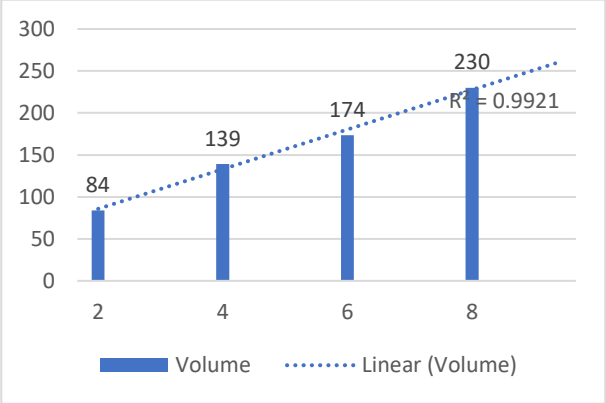
Keterangan:
CV: Koefisien variasi (%)
S: Simpangan baku debit emiter (Standar Deviasi)
q̄: Rata-rata debit seluruh emiter (L/jam atau ml/menit)

Tabel 2. Interpretasi Nilai Coefisien Variasi.

CV (%)	Kategori
< 5%	Sangat Baik
5 – 10%	Baik
10 – 15%	Sedang
> 15%	Buruk

HASIL DAN PEMBAHASAN

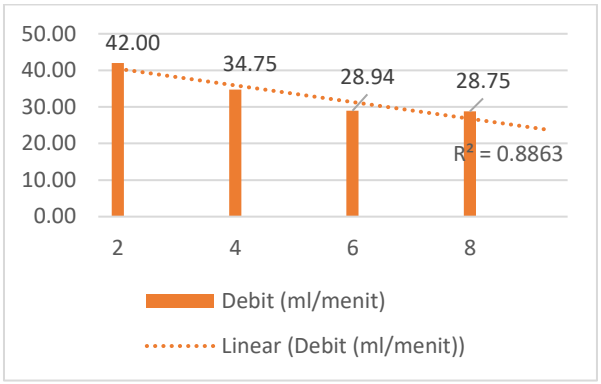
Volume Emiter



Gambar 3. Analisis volume air emiter berdasarkan waktu fungsi irigasi

Berdasarkan gambar 3, volume air yang dihasilkan sistem irigasi tetes menunjukkan peningkatan yang konsisten seiring bertambahnya waktu pengoperasian alat. Pada waktu pengamatan 2 menit volume air yang terkumpul sebesar 84 ml, kemudian meningkat menjadi 139 ml pada durasi 4 menit, 174 ml pada durasi 6 menit, dan mencapai 230 ml pada durasi 8 menit. Peningkatan nilai volume tersebut diperkuat oleh koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.9912. nilai tersebut menunjukkan bahwa perubahan waktu pengoperasian memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap peningkatan volume air yang dialirkan, sehingga sistem mampu menghasilkan akumulasi volume yang stabil dan dapat diprediksi (Sumardi, Lano, & Makaborang, 2025). Hasil ini mengindikasikan bahwa mekanisme kontrol timer bekerja dengan baik dalam mengatur durasi aliran air sehingga volume yang dihasilkan meningkat secara proporsional terhadap waktu penyiraman. Dengan hasil yang diperoleh dapat menjadi acuan dasar penggunaan sistem irigasi tetes pada musim kemarau karena dapat mengontrol penggunaan air yang berlebihan dan suplai air yang diberikan untuk setiap tanaman tidak jauh berbeda. Hal ini sesuai dengan pendapat (Adhiguna & Rejo, 2018).

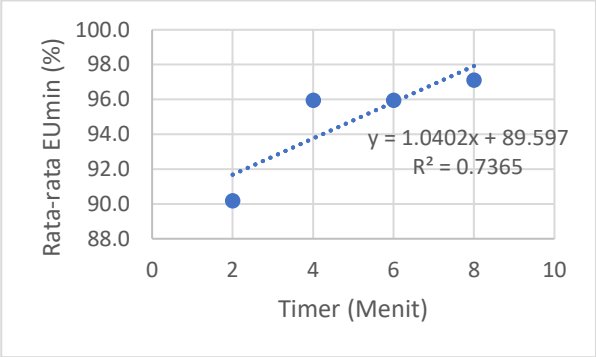
Debit Emiter



Gambar 4. Analisis debit emiter berdasarkan waktu fungsi irigasi

Berdasarkan gambar 4, debit aliran air mengalami penurunan secara bertahap selama proses pengujian. Debit rata-rata awal sebesar 42 ml/menit pada durasi waktu 2 menit, menurun menjadi 34.75 ml/menit durasi 4 menit, kemudian menjadi 28.94 ml/menit durasi 6 menit, dan 28.75 ml/menit dengan durasi waktu 8 menit. Meskipun penurunannya relatif kecil pada akhir pengamatan, pola tersebut menunjukkan kecenderungan yang cukup jelas dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.8863. penurunan debit ini disebabkan oleh berkurangnya tekanan air di dalam jaringan irigasi selama proses pengaliran, sehingga laju aliran air yang keluar dari emiter menjadi lebih rendah. Kondisi tersebut tidak mempengaruhi peningkatan volume total yang tetap bertambah seiring waktu, namun menunjukkan bahwa kestabilan tekanan masih menjadi faktor penting dalam menjaga debit tetap konstan. Kondisi perubahan tekanan pada irigasi tetes ini selain disebabkan oleh waktu penerapan irigasi juga disebabkan oleh menurunnya tinggi muka air pada toren atau penampungan air yang mengakibatkan tekanan gaya gravitasi yang disalurkan pada irigasi tetes akan semakin kecil pula. Hal ini sesuai dengan pendapat (Negara, Supriyadi, Yasa, Suroso, & Akbar, 2025).

Keseragaman Distribusi

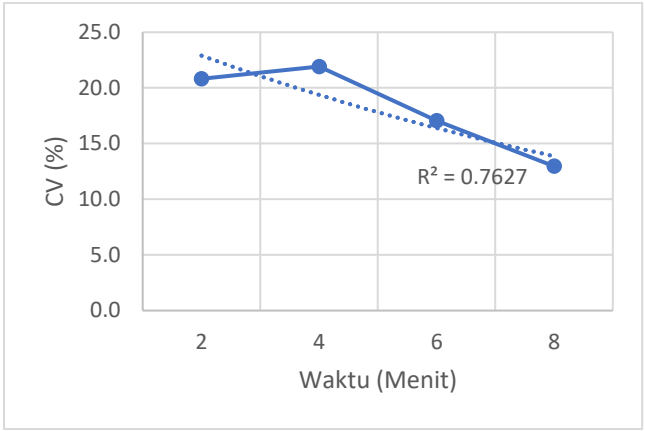


Gambar 5. Analisis keseragaman distribusi emiter

Berdasarkan gambar 5, hubungan antara waktu irigasi dan rata-rata keseragaman distribusi emiter (EUmin), terlihat bahwa peningkatan waktu irigasi cenderung meningkatkan keseragaman distribusi air. Nilai EUmin pada waktu irigasi 2, 4, 6, dan 8 menit masing-masing sekitar 90.1%, 96%, 96%, dan 97.1%. Nilai terendah diperoleh pada waktu irigasi 2 menit, sedangkan nilai tertinggi diperoleh pada waktu irigasi 8 menit. Peningkatan EUmin dari 2 menjadi 4 menit menunjukkan bahwa penambahan waktu pengoperasian dapat memperbaiki keseragaman distribusi air. Namun, nilai EUmin yang relatif tetap pada waktu 4 dan 6 menit menunjukkan bahwa peningkatan keseragaman tidak selalu terjadi secara konsisten seiring bertambahnya waktu irigasi. Secara umum, seluruh perlakuan menghasilkan nilai EUmin diatas 90%, yang mengindikasikan keseragaman distribusi emiter yang tinggi berdasarkan kriteria evaluasi irigasi tetes yang umum digunakan.

Hubungan antara waktu irigasi dan EUmin dinyatakan melalui persamaan regresi y=1.0402x + 89.597, dengan koefisien determinasi R^2 = 0.7365. koefisien regresi positif menunjukkan bahwa tingkat keseragaman distribusi emiter cukup baik dengan nilai determinasi sebesar R^2 = 73.65% hal ini dapat dilihat pada Tabel 1 terkait Interpretasi Nilai EUmin. Variasi yang tersisa dapat berkaitan dengan faktor lain, seperti tekanan operasi, karakteristik hidraulik jaringan, dan perbedaan debit emitter. Hal ini sesuai dengan pendapat (Negara, Hartana, Supriyadi, Suroso, & Julio, 2024) Pada irigasi tetes sering tidak terpenuhinya keseragaman yang ideal, karena pengaruh beda tinggi variasi tekanan aliran dapat menghasilkan volume tetesan dengan jumlah yang berbeda pada setiap tingkatan lantainya (Tekin & Yazar, 2025).

Koefisien Variasi



Gambar 6. Analisis coefisien variasi debit emiter

Berdasarkan gambar 6, hubungan antara waktu pengoperasian dan coefisien variasi (CV), terlihat bahwa nilai CV cenderung menurun seiring bertambahnya waktu pengamatan, pada durasi 4 menit sempat mengalami sedikit peningkatan. nilai CV tercatat sebesar 20.8% pada durasi 2 menit, meningkat menjadi sekitar 21.9% pada durasi 4 menit, kemudian menurun menjadi 17.1% pada durasi waktu 6 menit dan mencapai 13.1% pada durasi waktu 8 menit. Nilai koefisien determinasi R^2 = 0.7627 menunjukkan adanya hubungan yang cukup kuat antara lamanya waktu pengoperasian dengan penurunan variasi debit emiter. Penurunan nilai CV mengindikasikan bahwa distribusi aliran air menjadi semakin seragam selama sistem beroperasi, yang diduga disebabkan oleh kondisi tekanan di dalam jaringan irigasi yang semakin stabil setelah aliran berlangsung beberapa saat (Sahu, Sinha, Sahu, & Sahu, 2020). Semakin rendah nilai CV menunjukkan semakin kecil variasi debit yang dihasilkan oleh setiap emiter, sehingga keseragaman penyiraman menjadi lebih baik (A. N, R, & G. R, 2024). Dengan demikian,

hasil penelitian ini menunjukkan bahwa durasi pengoperasian berpengaruh positif terhadap peningkatan stabilitas sistem irigasi tetes, karena mampu mengurangi variasi aliran air dan meningkatkan kualitas distribusi air kepada tanaman.

KESIMPULAN

Variasi waktu pengoperasian berpengaruh terhadap karakteristik distribusi air pada sistem irigasi tetes menggunakan emiter tipe inline. Peningkatan durasi operasi menghasilkan peningkatan volume air yang sangat konsisten, kinerja keseragaman distribusi tergolong cukup baik berdasarkan interpretasi nilai EUmin, dengan nilai emission uniformity (Eumin) sebesar 73.65% serta kecenderungan penurunan coefficient of Variation (CV) dari 20.8% menjadi 13.1% seiring bertambahnya waktu operasi. Hasil ini menunjukkan bahwa seiring bertambahnya waktu sistem irigasi tetes mampu menghasilkan distribusi air yang semakin stabil dan seragam, sehingga layak diterapkan sebagai metode irigasi yang efisien untuk mendukung pengelolaan air dan penyiraman tanaman secara merata.

Untuk penelitian terkait irigasi tetes selanjutnya perlu ditambahkan kran aerator sebelum emiter agar dapat mengendalikan tekanan air dalam saluran lateral irigasi walaupun tekanan mengalami perubahan sehingga meningkatkan keseragaman volume dan debit air tetesan.

DAFTAR PUSTAKA

A. N, K., R, S., & G. R, P. (2024). Approximation of the Pressure-discharge Curve in Inline Drip Irrigation System. *Journal of Scientific Research and Reports*, *30*(8), 35-45. doi:10.9734/jsrr/2024/v30i82222

Adhiguna, R. T., & Rejo, A. (2018). *Teknologi Irigasi Tetes dalam Mengoptimalkan Efisiensi Penggunaan Air di Lahan Pertanian.* Paper presented at the Seminar Nasional Hari Air Sedunia.

Anwar, A. F., Agusalim, M., & Hamdi, F. (2026). Pengaruh Tata Letak Sistem Irigasi Tetes Terhadap Distribusi Air. *Jurnal Karajata Engineering*, *6*(1), 70-81.

Chen, F., Cui, N., Jiang, S., Zhang, W., Li, H., Li, X., . . . Wang, Z. (2025). Effects of deficit drip irrigation at different growth stages on citrus leaf physiology, fruit growth, yield, and water productivity in South China. *Agricultural Water Management*, *307*, 109206. doi:https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.109206

EKSUPA, A. F. (2025). Optimalisasi Irigasi Tetes dalam Budidaya Tanaman Cabai. *Circle Archive*, *1*(7).

Haerul, M., Mardhiana, M., & Mubarak, A. (2026). Evaluasi Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Seledri (Apium graveolens L) pada Penggunaan Sistem Irigasi Tetes. *Jurnal Ilmiah Respati*, *17*(2), 150-160.

Liu, C., Wang, W., Hu, X., Wu, W., Mao, H., & Wang, X. (2026). Optimal design and operating strategies of drip fertigation systems: Toward more uniform irrigation, enhanced fertilization efficiency, and higher crop yield. *Agricultural Water Management*, *329*, 110348. doi:https://doi.org/10.1016/j.agwat.2026.110348

Negara, I. D. G. J., Hartana, H., Supriyadi, A., Suroso, A., & Julio, R. B. (2024). Pengaruh Variasi Diameter Pipa Primer Terhadap Pola Resapan Air Irigasi tetes Bertingkat Pada Media Tanam Polybag. *JURNAL SAINS TEKNOLOGI & LINGKUNGAN*, *10*(2), 178-186.

Negara, I. D. G. J., Supriyadi, A., Pradjok, E., Pracoyo, A., Saadi, Y., & Yasa, I. W. (2024). Pengaruh Variasi Emitter Pada Jaringan Irigasi Tetes Pipa PVC Bertingkat Terhadap Distribusi dan Keseragamanan Irigasi. *Jurnal Ganec Swara Vol*, *18*(1).

Negara, I. D. G. J., Supriyadi, A., Yasa, I. W., Suroso, A., & Akbar, T. (2025). Pengaruh Head Terhadap Kecepatan Dan Debit Aliran Irigasi Tetes Bertingkat Berdasarkan Volume Aliran

Tertampung. *JURNAL SAINS TEKNOLOGI & LINGKUNGAN*, *11*(2), 216-226.

Rahman, K., Novitasari, E., Jamaluddin, J., & Ilham, I. (2024). Evaluasi Kinerja Sistem Irigasi Tetes Berbasis Gravitasi dengan Menggunakan Limbah Plastik. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, *10*(2), 175-184.

Sahu, R., Sinha, J., Sahu, K., & Sahu, R. K. (2020). Hydraulic performance of drip system of irrigation as influenced by different operating pressures. *Journal of Soil and Water Conservation*, *17*(2). Retrieved from https://epubs.icar.org.in/index.php/JSWC/article/view/107954

Sumardi, A., Lano, M. L., & Makaborang, M. (2025). Pengaruh Durasi Tetesan Pada Budidaya Tomat Dengan Irigasi Tetes IN-LINE Drip. *AGRONIMAL: Jurnal Ilmiah Pertanian dan Peternakan*, *3*(2), 57-66.

Tekin, S., & Yazar, A. (2025). Can molecular oscillation technology be used as an alternative to acid injection to prevent the clogging of emitters in drip irrigation systems? *Irrigation and Drainage*, *74*(2), 586-599. doi:https://doi.org/10.1002/ird.3046

Tshitende, E. K., Kabuya, P. M., Malumba, P., & Wellens, J. (2026). Integrated analysis of key parameters in the design of a gravity-fed subsurface drip irrigation system under low pressure for predominantly sandy soil. *Agricultural Water Management*, *328*, 110286. doi:https://doi.org/10.1016/j.agwat.2026.110286

Simonne, E.H., Dukes, M.D., & Zotarelli, L. (2010). Principles and Practices of Irrigation Management for Vegetables. Chapter 3. IFAS Extension. Florida.