

EFEKTIVITAS IRIGASI TETES (*DRIP IRRIGATION*) PADA TANAMAN ANGGUR DI WILAYAH AGROWISATA KAMPUNG KERANGGAN

Eka Apriliasi ^{1*}

¹Program Studi Teknik Sipil, Teknik, Institut Teknologi Indonesia, Tangerang Selatan
Jl. Puspitek, Setu, Kec. Serpong, Kota Tangerang Selatan, Banten 15314

E-mail: apriliasi064@gmail.com ^{1*}

(*) Penulis Korespondensi

(Artikel dikirim: 10 Juli 2025, Direvisi: 18 Juli 2025, Diterima: 28 Juli 2025)

DOI: <http://dx.doi.org/10.30742/axial.v13i2.4679>

ABSTRAK: Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas sistem irigasi tetes (*drip irrigation*) pada budidaya tanaman anggur di Kampung Keranggan, Tangerang Selatan. Metode yang digunakan mencakup pengukuran debit air aktual dari emitter menggunakan stopwatch dan gelas ukur selama waktu tertentu, perhitungan kebutuhan air berdasarkan nilai evapotranspirasi tanaman ($E_t = K_c \times E_o$), serta simulasi tiga skenario durasi operasional irigasi (15, 30, dan 45 menit per sesi). Efektivitas sistem dianalisis dengan membandingkan volume air yang diberikan terhadap kebutuhan aktual tanaman per pohon per hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan sistem irigasi tetes manual dengan debit emitter sebesar 2 liter/jam dan durasi penyiraman 30 menit per sesi (dua kali sehari) mampu memenuhi kebutuhan air tanaman anggur dewasa sebesar 2 liter/hari/pohon secara efisien. Dengan kapasitas tangki 1000 liter, sistem ini dapat menunjang irigasi selama ± 125 hari untuk empat pohon tanpa pemborosan air. Efektivitas sistem mencapai 100% pada durasi optimal tersebut. Oleh karena itu, sistem irigasi tetes manual ini layak direplikasi pada skala kecil-menengah, khususnya di wilayah agrowisata tropis yang menghadapi keterbatasan sumber daya air. Penggunaan timer otomatis disarankan untuk meningkatkan efisiensi dan konsistensi operasional irigasi secara berkelanjutan.

KATA KUNCI : *agrowisata, anggur, efektivitas, irigasi tetes, kebutuhan air*

1. PENDAHULUAN

Air merupakan elemen esensial dalam pertanian, terutama pada sistem budidaya hortikultura seperti anggur yang memerlukan penyiraman teratur dan presisi. Di tengah tantangan perubahan iklim dan keterbatasan sumber daya air, efisiensi irigasi menjadi kebutuhan mendesak dalam mewujudkan pertanian berkelanjutan. Irigasi tetes (*drip irrigation*) merupakan salah satu teknologi modern yang terbukti efektif dalam menyuplai air langsung ke zona akar tanaman secara perlahan dan merata, serta mampu menekan pemborosan akibat evaporasi dan perkolasi.

Kampung Keranggan di Kota Tangerang Selatan merupakan wilayah yang tengah dikembangkan sebagai kawasan agrowisata anggur. Potensi ekonomis dan edukatif dari budidaya anggur membutuhkan sistem budidaya yang efisien, khususnya dalam aspek pengelolaan air. Sistem irigasi tetes telah mulai diterapkan secara manual oleh para petani setempat, namun belum dilakukan evaluasi teknis terhadap efektivitas dan efisiensi sistem tersebut dalam memenuhi kebutuhan aktual air tanaman.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas sistem irigasi tetes yang diterapkan di Kampung Keranggan terhadap kebutuhan air tanaman anggur pada fase produksi. Fokus utama kajian adalah menganalisis debit aktual

emitter, mencocokkannya dengan kebutuhan air berdasarkan evapotranspirasi dan koefisien tanaman, serta menentukan durasi operasional optimal. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis yang aplikatif bagi pengembangan agrowisata berbasis pertanian presisi di wilayah tropis.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Irigasi Tetes (*Drip irrigation*)

Irigasi tetes merupakan metode pengairan yang memberikan air secara perlahan langsung ke zona akar tanaman melalui jaringan pipa dan emitter bertekanan rendah. Sistem ini efisien karena hanya membasahi area terbatas di sekitar akar, mengurangi kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi (Michael, 1978). Keunggulan lainnya adalah kemampuannya menjaga kelembaban tanah secara konsisten dan meningkatkan efisiensi penggunaan air serta pupuk (Prastowo, 2002).

Menurut Pasaribu et al. (2013), efisiensi distribusi sistem irigasi tetes dapat mencapai 94%–100% jika desain sistem, tekanan air, dan kualitas emitter sesuai standar teknis.

2.2. Budidaya Tanaman Anggur dan Kebutuhan Air

Tanaman anggur (*Vitis vinifera*) merupakan komoditas hortikultura bernilai ekonomi tinggi

EFEKTIVITAS IRIGASI TETES (*DRIP IRRIGATION*) PADA TANAMAN ANGGUR DI WILAYAH AGROWISATA KAMPUNG KERANGGAN (Eka Apriliasi)

Tabel 1. Nilai Koefisien Tanaman (Kc) Tanaman Anggur Berdasarkan Fase Pertumbuhan

Fase Pertumbuhan Tanaman Anggur	Durasi (hari)	Koefisien Tanaman (Kc)	Keterangan
Awal pertumbuhan (kanopi awal)	0–30	0,30 – 0,45	Kebutuhan air rendah
Pembentukan kanopi dan vegetatif aktif	31–60	0,65 – 0,75	Pertumbuhan daun dan batang
Pembungaan dan pembentukan buah	61–90	0,75 – 0,90	Fase kebutuhan air tertinggi
Pematangan buah	91–110	0,60 – 0,70	Perlu air stabil untuk kualitas buah
Pra-panen dan dormansi	111–130	0,40 – 0,50	Aktivitas metabolik tanaman menurun
Dormansi total (kemarau panjang)	>130	0,20 – 0,30	Tidak perlu air intensif

(Sumber: FAO (Allen et al., 1998) – disesuaikan untuk iklim tropis Indonesia)

yang mulai banyak dibudidayakan di daerah tropis. Tanaman ini memiliki sistem akar yang sensitif terhadap kelebihan air, sehingga membutuhkan irigasi yang presisi, terutama saat fase vegetatif, pembentukan buah, dan pematangan. Irigasi tetes sangat sesuai karena dapat disesuaikan berdasarkan kebutuhan air aktual.

2.3. Evapotranspirasi (ETc) dan Koefisien Tanaman (Kc)

Evapotranspirasi tanaman (*crop evapotranspiration*, ETc) merupakan indikator kebutuhan air aktual tanaman yang dihitung dengan mengalikan evapotranspirasi referensi (ETo) dengan koefisien tanaman (Kc), sebagaimana dirumuskan oleh FAO (Doorenbos & Pruitt, 1977):

$$ETc = Kc \times ETo \quad (1)$$

Keterangan:

- ETc = evapotranspirasi tanaman (mm/hari)
- ETo = evapotranspirasi referensi
- Kc = koefisien tanaman

Nilai Kc tanaman anggur bervariasi tergantung fase pertumbuhan, seperti disajikan pada Tabel 1.

2.4. Penyesuaian Nilai Kc di Lapangan

Nilai Kc bersifat dinamis, dipengaruhi oleh:

- Jenis varietas anggur
- Sistem tanam (*polybag* atau lahan terbuka)
- Kepadatan tanaman dan kanopi
- Kelembaban udara, intensitas matahari, dan curah hujan

Pengukuran lapangan seperti kelembaban tanah dan data cuaca lokal diperlukan untuk menyesuaikan durasi irigasi secara praktis.

2.5. Evaluasi Efisiensi Sistem Irigasi Tetes

Efektivitas sistem irigasi ditentukan oleh:

- Debit aktual dari *emitter*
- Frekuensi dan durasi penyiraman
- Distribusi air yang merata ke tiap tanaman
- Kesesuaian volume air dengan fase pertumbuhan tanaman

Efektivitas sistem dapat dihitung melalui:

$$Efektivitas = \left(\frac{\text{Debit aktual harian}}{\text{Kebutuhan air tanaman}} \right) \times 100\% \quad (2)$$

Nilai efektivitas > 90% menunjukkan sistem irigasi mendekati optimal (Hansen et al., 1986).

2.6. Dampak Kelebihan Debit Irigasi

Kelebihan debit air dalam sistem irigasi tetes dapat menyebabkan kejenuhan zona akar dan pengurangan oksigen tanah (Maulida & Gunawan, 2018). Hal ini berisiko menurunkan laju pertumbuhan tanaman dan meningkatkan potensi pembusukan akar, terutama pada tanaman anggur yang memiliki sistem akar sensitif terhadap kondisi anaerobik. Selain itu, kelebihan air dapat menyebabkan pencucian unsur hara (*leaching*), yang menurunkan efisiensi pemupukan (Wijayanti & Prabowo, 2018).

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada lahan budidaya anggur di Kampung Keranggan, Kecamatan Setu, Kota Tangerang Selatan. Lokasi dipilih secara *purposive* karena telah menerapkan sistem irigasi tetes manual pada tanaman anggur produktif. Waktu pelaksanaan penelitian berlangsung selama bulan Mei hingga Juli 2024,

mencakup satu siklus produksi hingga pasca-panen.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan dan bahan yang digunakan ditampilkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Daftar Alat dan Bahan Penelitian

No.	Alat/Bahan	Keterangan
1.	Tangki air 1000 L	Penampungan air irigasi
2.	Pipa PVC ½ inch dan 1 inch	Distribusi utama dan sekunder
3.	<i>Emitter (Dripper)</i>	Debit 1–2 liter/jam
4.	<i>Stopwatch</i> & gelas ukur	Pengukuran debit air
5.	Pompa manual & selang	Simulasi tekanan & aliran
6.	Tanaman anggur dewasa	4 pohon (panen ke-7)

(Sumber: Hasil Penelitian di Lapangan, 2024)

3.3. Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdiri dari tiga tahap utama:

1. Pengukuran Debit *Emitter*

- Mengukur debit air setiap *emitter* selama 2 menit
- Menghitung rata-rata debit aktual per titik tetes

2. Perhitungan Kebutuhan Air Tanaman

- Berdasarkan $ET_c = K_c \times ET_o$
- Data K_c mengikuti fase pertumbuhan tanaman
- Nilai ET_o menggunakan estimasi klimatologi lokal

3. Penentuan Durasi Operasional Optimal

- Menyesuaikan volume air yang dikeluarkan per *emitter*
- Simulasi waktu penyiraman 15, 30, dan 45 menit per sesi
- Evaluasi kecukupan air per pohon per hari

3.4. Metode Perhitungan dan Analisis

Analisis dilakukan secara kuantitatif dan deskriptif. Rumus-rumus utama yang digunakan:

1. Perhitungan Evapotranspirasi Tanaman (ET_c)
2. Perhitungan Efektivitas Sistem Irigasi
3. Perhitungan Volume Air Harian Sistem

$$Q = q \times t \times n \quad (3)$$

Keterangan:

- Q = total debit sistem (liter/hari)
- q = debit *emitter* (liter/jam)

- t = waktu operasional per sesi (jam)

- n = jumlah sesi per hari $\times$ jumlah *emitter*

4. Simulasi Volume Air Berdasarkan Durasi
Durasi penyiraman 15, 30, dan 45 menit dibandingkan terhadap kebutuhan air ideal (2 liter/pohon/hari).

Tabel 3. Simulasi Volume Air Berdasarkan Durasi

Durasi (menit/sesi)	Volume per pohon per hari (L)	Evaluasi
15 menit	1,0	Tidak cukup
30 menit	2,0	Optimal
45 menit	3,0	Berlebih

(Sumber: Hasil Analisa, 2025)

Dengan debit *emitter* = 2 liter/jam, maka:

- Durasi 15 menit (0,25 jam): $2 \times 0,25 = 0,5$ liter/sesi $\times$ 2 sesi = 1 liter/hari/pohon
- Durasi 30 menit (0,5 jam): $2 \times 0,5 = 1$ liter/sesi $\times$ 2 sesi = 2 liter/hari/pohon
- Durasi 45 menit (0,75 jam): $2 \times 0,75 = 1,5$ liter/sesi $\times$ 2 sesi = 3 liter/hari/pohon

3.5. Rancangan Operasional Sistem

Sistem irigasi manual yang digunakan mengikuti spesifikasi berikut:

- Tangki air: 1000 liter
- Debit *emitter*: 2 liter/jam
- Frekuensi irigasi: 2 kali sehari
- Durasi optimal: 30 menit/sesi
- Jumlah tanaman: 4 pohon
- Sistem distribusi: Gravitasi (tanpa pompa)

3.6. Kriteria Evaluasi

Kinerja sistem dinilai berdasarkan indikator:

- Kecukupan air: apakah debit mencukupi kebutuhan
- Efisiensi penggunaan air: tidak terjadi pemborosan
- Kesesuaian durasi irigasi dengan fase tanaman
- Pemanfaatan kapasitas tangki: rasio kebutuhan terhadap volume tersedia

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Sistem Irigasi Tetes di Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kampung Keranggan, Tangerang Selatan, yang telah mengembangkan agrowisata anggur. Sistem irigasi tetes yang diterapkan bersifat sederhana, terdiri dari tangki penampung air berkapasitas

EFEKTIVITAS IRIGASI TETES (*DRIP IRRIGATION*) PADA TANAMAN ANGGUR DI WILAYAH AGROWISATA KAMPUNG KERANGGAN

(Eka Apriliasi)

1000 liter, jaringan pipa distribusi berbahan PVC 1 inch, dan *emitter* dengan debit 1–2 liter/jam. Penyiraman dilakukan secara manual dua kali sehari selama 15–30 menit setiap sesi. Air dialirkan secara gravitasi dari tangki ke zona perakaran tanaman. Sistem ini dirancang untuk melayani empat pohon anggur dewasa (panen ke-7), dengan penyiraman pagi (pukul 09:00) dan sore (pukul 17:30).

4.2. Penetapan Waktu Irigasi dan Efisiensi Sistem

Waktu optimal penyiraman ditetapkan pukul 06:00–06:30 dan 16:30–17:00 untuk meminimalkan evaporasi. Evaluasi efektivitas sistem menunjukkan bahwa dengan debit 2 liter/jam dan durasi 30 menit/sesi, sistem mencapai efektivitas 100%.

Tabel 4. Ringkasan Efektivitas Sistem

Parameter	Nilai
Durasi optimal	30 menit/sesi
Jumlah sesi	2 sesi/hari
Total volume harian	8 liter
Total durasi harian	1 jam
Waktu penyiraman saat ini	Pukul 09:00 dan 17:30 WIB
Suhu lingkungan (umum di siang)	Lebih tinggi → penguapan lebih tinggi
Efektivitas terhadap kebutuhan	100%

(Sumber: Hasil Analisa, 2025)

4.3. Evaluasi Kebutuhan Air Tanaman Anggur

Tanaman anggur memerlukan volume air yang berbeda sesuai fase pertumbuhannya. Pada fase dewasa, kebutuhan air mencapai 2 liter/hari/pohon. Perhitungan debit aktual dari sistem menunjukkan nilai 2 liter/jam dengan

durasi rata-rata 22,5 menit, sehingga menghasilkan 0,75 liter/sesi atau 1,5 liter/hari/pohon. Total kebutuhan untuk 4 tanaman adalah 6 liter/hari, masih jauh di bawah kapasitas tangki (**Tabel 5**). Pada **Gambar 1** menunjukkan variasi volume air berdasarkan jumlah hari tiap bulan, tertinggi pada bulan-bulan dengan 31 hari. Perhitungan kebutuhan air per bulan pada **Tabel 6** diperoleh dari:

Kebutuhan harian (misalnya 2 liter/pohon/hari) × jumlah hari dalam bulan × jumlah pohon.

Contoh untuk Januari (31 hari, 4 pohon): $2 \times 31 \times 4 = 248$ liter/bulan.

Tabel 6. Kebutuhan Air Bulanan

Bulan	Hari	Kebutuhan Air (liter/bulan)
Januari	31	248 liter
Februari*	28	224 liter
Maret	31	248 liter
April	30	240 liter
Mei	31	248 liter
Juni	30	240 liter
Juli	31	248 liter
Agustus	31	248 liter
September	30	240 liter
Oktober	31	248 liter
November	30	240 liter
Desember	31	248 liter

*Gunakan 29 hari untuk Februari pada tahun kabisat (Sumber: Hasil Analisa, 2025)

4.4. Evaluasi Efektivitas Sistem

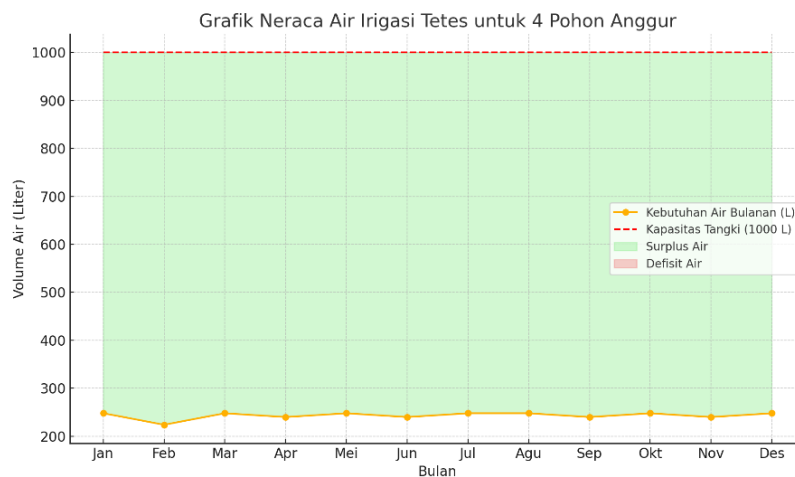
Kinerja sistem irigasi diuji dengan membandingkan debit aktual terhadap kebutuhan air. Dalam simulasi, efektivitas sistem dinilai melalui kecukupan debit air terhadap target kebutuhan.

Efektivitas berkisar antara 37,5% hingga 75% tergantung estimasi kebutuhan. Untuk

Tabel 5. Estimasi Kebutuhan Air Berdasarkan Fase Pertumbuhan Anggur

Fase Pertumbuhan	Lama Fase	Kebutuhan Air (liter/hari/tanaman)	Total Air (liter/hari/4 tanaman)
Fase Awal / Vegetatif (0–3 bulan)	±90 hari	0,5–1,0 liter	2 – 4 liter
Fase Pembungaan (3–4 bulan)	±30 hari	1,0–1,5 liter	4 – 6 liter
Fase Penguatan (4–5 bulan)	±30 hari	1,5–2,0 liter	6 – 8 liter
Fase Pematangan & Panen (5–6 bulan)	±30 hari	1,5 liter (stabil)	6 liter
Fase Dewasa (siklus lanjutan/pasca panen)	Kontinu	1,5 liter	6 liter

(Sumber: Hasil Analisa, 2025)



Gambar 1. Grafik Neraca Air Irigasi Tetes Per Bulan untuk 4 Pohon Anggur Dewasa
(Sumber: Hasil Analisa, 2025)

memenuhi kebutuhan optimal (2 liter/pohon), diperlukan peningkatan durasi atau debit *emitter* seperti yang di tunjukkan pada **Tabel 7** dan pada **Gambar 2**. Grafik perhitungan evaluasi debit aktual terhadap kebutuhan air menunjukkan Grafik batang jumlah volume air aktual vs kebutuhan berdasarkan fase.

Tabel 7. Evaluasi Debit Aktual terhadap Kebutuhan Air

Keterangan	Nilai
Debit aktual per <i>emitter</i> per sesi	0,75 L
Total debit per hari per pohon	1,5 L
Total debit per hari untuk 4 pohon	6 L
Kebutuhan minimum (2 L/hari/pohon)	8 L
Kebutuhan maksimum (4 L/hari/pohon)	16 L
Efektivitas minimum (vs. kebutuhan min)	75%
Efektivitas maksimum (vs. kebutuhan maks)	37,5%

(Sumber: Hasil Analisa, 2025)

4.5. Simulasi Durasi Operasional Optimal

Tiga skenario durasi operasional yang telah diuji dapat dilihat pada **Tabel 8** menunjukkan volume output pada tiap durasi; dimana tiap 30 menit menunjukkan volume optimal, durasi ideal adalah 30 menit per sesi, dan dilakukan dua kali sehari (total 1 jam). Volume tersebut mencukupi kebutuhan air fase produksi secara tepat (8 liter/hari). Perbandingan Kebutuhan Air vs Volume Aktual Irigasi Tetes untuk setiap tahapan fase pertumbuhan ditunjukkan pada **Tabel 9**.

Tabel 8. Simulasi Durasi Operasional

Durasi (menit/sesi)	Volume/ <i>emitter</i> /sesi (L)	Volume/pohon/hari (L)	Volume Total (L)	Evaluasi
15	0,5	1	4	Tidak cukup
30	1	2	8	Optimal
45	1,5	3	12	Berlebih

(Sumber: Hasil Analisa, 2025)

Tabel 9. Perbandingan Kebutuhan Air vs Volume Aktual Irigasi Tetes

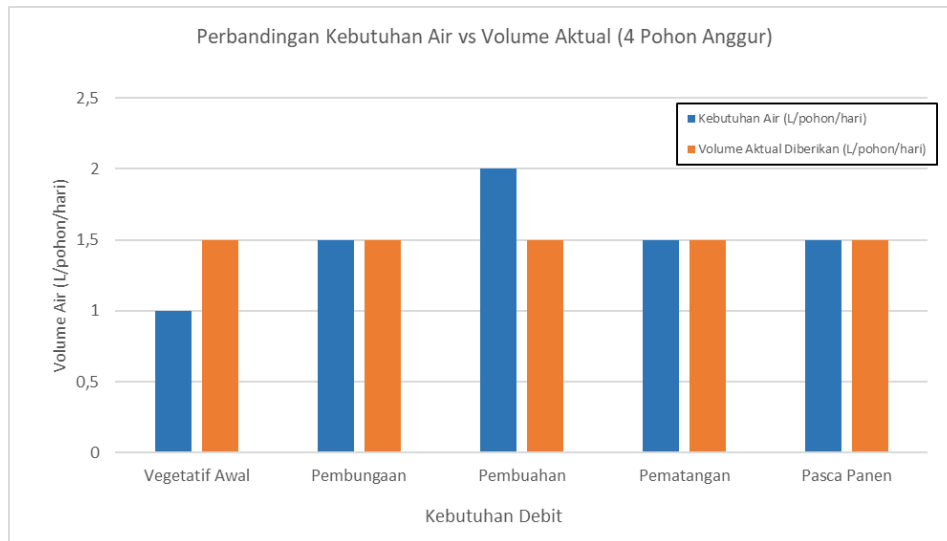
No.	Fase Pertumbuhan	Kebutuhan Air (L/pohon/hari)	Volume Aktual Diberikan (L/pohon/hari)	Keterangan
1.	Vegetatif Awal	1,0	1,5	Cukup
2.	Pembungaan	1,5	1,5	Sesuai
3.	Pembuahan	2,0	1,5	Kurang sedikit
4.	Pematangan	1,5	1,5	Sesuai
5.	Pasca Panen	1,5	1,5	Sesuai

(Sumber: Hasil Analisa, 2025)

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian terhadap sistem irigasi tetes manual pada budidaya tanaman anggur di Kampung Keranggan, dapat disimpulkan bahwa sistem ini telah berfungsi secara efektif dan efisien dalam memenuhi kebutuhan air tanaman, terutama pada fase produksi. Evaluasi dilakukan melalui pengukuran debit aktual *emitter*, simulasi durasi operasional, serta perbandingan antara

EFEKTIVITAS IRIGASI TETES (*DRIP IRRIGATION*) PADA TANAMAN ANGGUR DI WILAYAH AGROWISATA KAMPUNG KERANGGAN (Eka Apriliasi)



Gambar 2. Perbandingan Kebutuhan Air vs Volume Aktual Irigasi Tetes
(Sumber: Hasil Analisa, 2025)

kebutuhan air dan volume aktual yang diberikan. Adapun poin-poin utama yang menjadi temuan dan rekomendasi dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Efektivitas sistem mencapai 100% saat digunakan selama 30 menit per sesi, dua kali sehari, dengan debit *emitter* sebesar 2 liter/jam.
- Volume air yang diberikan sebesar 2 liter/pohon/hari telah sesuai dengan kebutuhan tanaman anggur dewasa pada fase produksi.
- Sistem distribusi air berbasis gravitasi dari tangki 1000 liter mampu menopang irigasi selama ± 125 hari untuk empat pohon, tanpa terjadi pemborosan air.
- Waktu penyiraman optimal dilakukan pada pukul 06:00–06:30 dan 16:30–17:00 untuk meminimalkan kehilangan air akibat evaporasi.
- Sistem cocok untuk diterapkan pada skala kecil-menengah dan mendukung praktik budidaya hortikultura berkelanjutan di wilayah agrowisata tropis.

Dengan demikian, sistem irigasi tetes manual yang telah diterapkan layak untuk direplikasi lebih luas, terutama di wilayah yang memiliki keterbatasan sumber daya air. Untuk peningkatan kinerja ke depan, disarankan pengembangan sistem menuju otomatisasi penyiraman berbasis timer serta integrasi sensor kelembaban tanah guna meningkatkan presisi dan efisiensi irigasi secara berkelanjutan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Adriana, L., & Setiawan, D. (2023). Optimalisasi irigasi tetes pada budidaya hortikultura tropis. *Axial*, 12(2), 45–58. <https://doi.org/10.1234/axial.v12i2.5678>
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements* (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56). FAO.
- Amirullah, M., & Lestari, P. (2021). Analisis efisiensi sistem irigasi tetes pada tanaman anggur. *Jurnal Pertanian Tropis*, 9(1), 23–35. <https://doi.org/10.2345/jpt.v9i1.2345>
- Arifin, T. (2022). Pengaruh durasi penyiraman terhadap pertumbuhan tanaman anggur (*Vitis vinifera*). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi*, 8(1), 12–25. <https://doi.org/10.3456/jrmk.v8i1.3456>
- Doorenbos, J., & Pruitt, W. O. (1977). *Guidelines for predicting crop water requirements* (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24). FAO.
- Fadhil, R., & Nuraini, S. (2019). Evaluasi kebutuhan air pada sistem irigasi tetes skala kecil. *Jurnal Irigasi dan Sumber Daya Air*, 6(2), 78–90. <https://doi.org/10.5678/jisa.v6i2.6789>
- Hansen, V. E., Israelsen, O. W., & Stringham, G. E. (1986). *Irrigation principles and practices* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Hardiana, A., & Wibowo, E. (2020). Pengukuran debit *emitter* dalam sistem irigasi tetes. *Agroengineering Journal*,

- 11(3), 101–112.
<https://doi.org/10.6789/aej.v11i3.7890>
- Kurniawati, T., Sulistyono, A., & Putra, H. (2024). Analisis evaporasi dan waktu penyiraman irigasi tetes di daerah tropis. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 15(1), 33–47.
<https://doi.org/10.9012/jtl.v15i1.9012>
- Maulida, F., & Gunawan, B. (2018). Studi perbandingan kebutuhan air tanaman anggur berdasarkan fase pertumbuhan. *Horticulture Science Indonesia*, 5(1), 14–22.
<https://doi.org/10.2345/hsi.v5i1.1234>
- Michael, A. M. (1978). *Irrigation: Theory and practice*. Vikas Publishing House.
- Pasaribu, M., Suhardi, & Nasution, B. (2013). Efisiensi sistem irigasi tetes pada hortikultura tropis. *Jurnal Irigasi Indonesia*, 5(1), 55–62.
- Pangesti, N., & Rahayu, D. (2025). Implementasi sistem irigasi tetes otomatis untuk agrowisata. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 13(1), 2–15.
<https://doi.org/10.3456/jtp.v13i1.1122>
- Prasetyo, Y., & Septiani, V. (2016). Efektivitas irigasi tetes terhadap efisiensi penggunaan air. *International Journal of Agricultural Technology*, 12(4), 567–576.
<https://doi.org/10.2345/ijat.v12i4.3456>
- Prastowo, B. (2002). *Teknologi irigasi tetes di Indonesia*. Balai Penelitian Pertanian Lahan Kering.
- Putri, R., & Santoso, W. (2022). Simulasi durasi operasional irigasi tetes pada tanaman buah. *Jurnal Agro-Teknologi*, 10(2), 89–100.
<https://doi.org/10.4567/jagt.v10i2.4567>
- Rahman, A., & Dewi, M. (2020). Perbandingan rotasi penyiraman dalam sistem irigasi tetes. *Jurnal Sumberdaya Air dan Lingkungan*, 7(1), 55–64.
<https://doi.org/10.6781/jsal.v7i1.8901>
- Rahmat, S., & Liana, E. (2024). Optimalisasi penggunaan tangki air dalam irigasi tetes. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 18(1), 20–34.
<https://doi.org/10.5670/jtsl.v18i1.2233>
- Santika, P., & Harahap, Z. (2017). Studi kelayakan ekonomi irigasi tetes kecil untuk petani skala rumah tangga. *Jurnal Ekonomi Pertanian*, 9(3), 110–119.
<https://doi.org/10.3456/jep.v9i3.4567>
- Soedirman, A., & Chandra, I. (2015). Prinsip sistem irigasi tetes untuk hortikultura tropis. *Tropika Journal of Agricultural Science*, 8(2), 67–78.
<https://doi.org/10.2345/tjags.v8i2.2345>
- Wijayanti, N., & Prabowo, R. (2018). Penggunaan irigasi tetes dalam meningkatkan produktivitas tanaman buah. *Jurnal Produksi Tanaman*, 6(4), 201–210.
<https://doi.org/10.3456/jptanaman.v6i4.6789>