



Rancang Bangun dan Evaluasi Kinerja Sistem Irigasi Tetes Tenaga Surya untuk Budidaya Cabai Berkelanjutan

Design, Development and Performance Evaluation of a Solar-Powered Drip Irrigation System for Sustainable Chili Cultivation

Elok Kurnia Novita Sari ^{*,1}, Rizza Wijaya ¹, Ira Nurcahyanti ¹, Sahrul Ulum ¹

¹ Program Studi Keteknikan Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember, Jember, Indonesia

*Penulis Korespondensi

Email: elok_kurnia@polije.ac.id

Abstrak. Permasalahan keterbatasan ketersediaan air dan tingginya biaya energi untuk irigasi menjadi tantangan utama dalam budidaya cabai. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem irigasi tetes berbasis solar cell sebagai solusi efisiensi penggunaan air dan energi terbarukan. Sistem yang dikembangkan terdiri atas panel fotovoltaiik, pompa DC, controller dengan timer otomatis, jaringan pipa lateral, serta emitter tetes yang terhubung pada setiap polybag tanaman cabai. Berdasarkan hasil perhitungan, untuk memenuhi kebutuhan tanaman cabai diperlukan pompa dengan kapasitas 0,2 hp, panel surya 26,3 WP, Solar charge controller 30 A dan baterai dengan daya 67,5 watt. Pengujian debit air pada pompa dapat dikatakan mampu memenuhi kebutuhan air tanaman cabai dengan rata-rata debit yaitu 394,8 ml/menit untuk 48 tanaman. Parameter yang diamati meliputi debit emtter, kestabilan distribusi air, konsumsi energi, dan respon pertumbuhan tanaman cabai. Hasil rata – rata dari pengujian debit emitter 24 sampel tanaman menghasilkan nilai 197,4 ml selama 5 menit. Hasil Keseragaman air mendapatkan nilai rata-rata sebesar 89,01%, di mana nilai ini termasuk dalam kriteria sangat baik. Selain itu, penggunaan energi surya berhasil mengurangi ketergantungan terhadap listrik konvensional hingga 100%, sehingga menekan biaya operasional. Pertumbuhan tanaman cabai menunjukkan respon positif dengan tingkat kesegaran daun lebih baik dibandingkan dengan penyiraman manual. Dengan demikian, sistem irigasi tetes berbasis solar cell terbukti efektif, efisien, dan berpotensi mendukung budidaya cabai berkelanjutan di daerah dengan keterbatasan energi dan air.

Kata kunci: irigasi tetes, solar cell, energi terbarukan, budidaya cabai.

Abstract. The limited water availability and high energy costs for irrigation are the main challenges in chili cultivation. This research aims to design and build a solar cell-based drip irrigation system as a solution for water efficiency and renewable energy. The developed system consists of photovoltaic panels, a DC pump, a controller with an automatic timer, a network of lateral pipes, and drip emitters connected to each chili plant polybag. Based on the calculation results, to meet the needs of chili plants, a pump with a capacity of 0.2 hp, a 26.3 WP solar panel, a 30 A solar charge controller, and a battery with a power of 67.5 watts are required. The water discharge test on the pump can be said to be able to meet the water needs of chili plants, with an average discharge of 394.8 ml/minute for 48 plants. The parameters observed include emitter discharge, water distribution stability, energy consumption, and the growth response of chili

plants. The average results from the emitter discharge test on 24 plant samples yielded a value of 197.4 ml over 5 minutes. The water uniformity results obtained an average value of 89.01%, which falls into the very good category. Additionally, the use of solar energy successfully reduced dependence on conventional electricity by up to 100%, thereby lowering operational costs. The growth of chili plants showed a positive response, with better leaf freshness compared to manual watering. Thus, the solar cell-based drip irrigation system has proven to be effective, efficient, and has the potential to support sustainable chili cultivation in areas with energy and water limitations.

Keywords: *drip irrigation, solar energy, renewable energy, chili cultivation.*

1. Pendahuluan

Cabai (*Capsicum spp.*) adalah merupakan jenis tanaman semusim yang biasanya ditanam untuk dimanfaatkan buahnya dan biasa digunakan sebagai bumbu dapur. Menurut [BPS \(2023\)](#) konsumsi buah cabai setiap tahun semakin meningkat, pada Tahun 2022 mencapai 636,56 ribu ton, Tahun 2021 sebanyak 596,14 ribu ton dan juga pada Tahun 2020 sebanyak 549,48 ribu ton. Cabai merupakan salah satu tanaman hortikultura yang sensitif terhadap ketersediaan air. Tanaman ini memiliki siklus tumbuh yang relatif pendek namun membutuhkan perawatan yang intensif. Untuk mendukung pertumbuhan yang optimal, cabai membutuhkan pasokan air yang stabil di setiap tahap pertumbuhannya, mulai dari tahap tumbuh daun, mekar bunga, sampai pembentukan dan pematangan buah ([Sahana & Sugihartharan, 2021](#)).

Kebutuhan air yang teratur dan efisien merupakan faktor penting dalam budidaya tanaman hortikultura termasuk cabai. Tanaman cabai merupakan salah satu tanaman yang sensitif terhadap ketersediaan air, di mana baik kekurangan atau kelebihan akan memengaruhi fase pertumbuhan. Pemberian air secara tepat, yaitu dalam jumlah, frekuensi, dan distribusi yang sesuai, sangat berpengaruh terhadap hasil panen dan kualitas cabai ([Supriadi et al., 2018](#)). Di sisi lain, keterbatasan sumber energi di daerah pertanian terpencil dan ketidakpastian curah hujan karena perubahan iklim membutuhkan solusi irigasi yang bisa berjalan tanpa ketergantungan energi dan juga menghemat penggunaan air. Dalam kondisi kekurangan air, tanaman cabai mengalami penurunan laju fotosintesis, gangguan penyerapan unsur hara, dan peningkatan kerontokan bunga serta buah muda ([Fakhrach et al., 2022](#)). Akibatnya, produktivitas bisa menurun hingga lebih dari 30%. Sebaliknya, kelebihan air yang menyebabkan genangan pada perakaran juga mengakibatkan akar kekurangan oksigen, rentan terserang penyakit layu, dan menurunkan daya tahan tanaman terhadap serangan organisme pengganggu tanaman (OPT) ([Habibi et al., 2025](#)).

Sistem irigasi tradisional yang masih banyak digunakan petani, seperti irigasi aliran permukaan, sering kali tidak efisien karena menyebabkan pemborosan air, distribusi tidak merata, serta meningkatkan kelembapan yang dapat memicu penyakit pada tajuk tanaman. Inovasi sistem irigasi, seperti irigasi tetes (*drip irrigation*) dan irigasi sprinkler, terbukti mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air sekaligus menjaga kelembapan tanah pada zona perakaran tetap optimal

(Rienzani *et al.*, 2018). Irigasi tetes, khususnya, memungkinkan pemberian air secara perlahan dan kontinu langsung ke perakaran tanaman sehingga kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi dapat ditekan. Irigasi tetes dapat diintegrasikan dengan pemberian pupuk (*fertigasi*), yang memungkinkan hara diberikan bersamaan dengan air irigasi. Teknologi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi pemupukan, tetapi juga mampu memperbaiki kualitas hasil panen cabai, seperti ukuran buah yang lebih seragam dan tingkat kepedasan yang optimal. Dalam konteks perubahan iklim, penggunaan teknologi irigasi yang hemat air menjadi semakin relevan, mengingat ketidakpastian pola hujan dan keterbatasan sumber daya air di beberapa wilayah sentra produksi cabai (Kabirigi *et al.*, 2017).

Meskipun demikian, keterbatasan utama dari penerapan irigasi tetes di tingkat petani adalah kebutuhan energi untuk pengoperasian pompa. Sebagian besar sistem irigasi masih bergantung pada listrik dari jaringan atau bahan bakar fosil, yang tidak hanya meningkatkan biaya operasional tetapi juga berdampak negatif terhadap lingkungan (Thokal *et al.*, 2024). Oleh karena itu, integrasi energi terbarukan seperti *solar cell* menjadi solusi strategis dalam mengatasi keterbatasan tersebut. *Solar cell* mampu mengubah energi matahari yang berlimpah, terutama di wilayah tropis seperti Indonesia, menjadi energi listrik yang dapat diandalkan untuk menggerakkan pompa irigasi (Apribowo *et al.*, 2021).

Integrasi antara irigasi tetes dan tenaga surya menghadirkan beberapa kelebihan. Pertama, sistem ini bersifat hemat energi dan ramah lingkungan karena memanfaatkan sumber energi terbarukan tanpa emisi karbon, sekaligus mengurangi ketergantungan pada energi fosil (Lefore *et al.*, 2021). Kedua, sistem ini efisien dalam penggunaan air, sehingga sesuai diterapkan pada wilayah dengan keterbatasan sumber daya air. Ketiga, integrasi *solar cell* menjadikan sistem lebih ekonomis dalam jangka panjang, karena meskipun investasi awal relatif tinggi, biaya operasional dapat ditekan hingga mendekati nol (Bawa *et al.*, 2025). Keempat, sistem ini memiliki fleksibilitas tinggi, dapat diterapkan pada lahan terpencil yang tidak terjangkau jaringan listrik konvensional, sehingga meningkatkan akses teknologi irigasi modern bagi petani kecil. Kelima, sistem ini mendukung pertanian berkelanjutan dengan mengombinasikan teknologi hemat air dan energi terbarukan, sejalan dengan agenda global mitigasi perubahan iklim (FAO, 2022).

Sinergi irigasi tetes dan pompa air tenaga surya menjadi salah satu inovasi yang dapat dikembangkan guna mendukung pertanian berkelanjutan. Energi penggerak pompa dihasilkan dari konversi intensitas cahaya matahari menjadi energi listrik, sehingga mengurangi biaya operasional. Pompa berfungsi untuk menghisap air dari tandon dan mendistribusikannya ke perakaran tanaman melalui rangkaian sistem irigasi. Kinerja pompa air tenaga surya berbanding lurus terhadap intensitas radiasi sinar matahari harian. Berdasarkan data penyinaran matahari yang

diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) potensi energi matahari di Indonesia rata-rata sebesar 4.8 Kwh/m^2 per hari, dengan lama penyinaran berkisar 8 – 10 jam setiap harinya ([Alam et al., 2023](#)). Tentunya, potensi ini sangat mendukung pengembangan energi terbaru berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) maupun sistem panel surya skala rumah tangga dan industri. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan teknologi irigasi yang efisien, hemat energi, ramah lingkungan guna mendukung budidaya cabai yang efektif dan efisien. Sistem ini mengintegrasikan komponen PLTS (panel surya, pompa DC, *controller* dan jaringan irigasi tetes) dalam satu sistem, yang beroperasi secara efisien dan otomatis.

2. Bahan dan Metode

Proses pembuatan serta pelaksanaan pengujian dan pengambilan data uji kinerja sistem irigasi tetes (*drip irrigation*) dengan pompa air tenaga surya pada tanaman cabai yang ditanam di polybag sebanyak 48 tanaman dan 48 emitter. Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Sumbermalang, Kabupaten Situbondo, Provinsi Jawa Timur, Indonesia sebagai lokasi utama pengujian sistem irigasi tetes berbasis tenaga surya. Secara geografis, Kecamatan Sumbermalang merupakan wilayah perbukitan yang berada pada kisaran ketinggian $\pm 500\text{--}950$ meter di atas permukaan laut (MDPL). Data topografi menunjukkan bahwa rata – rata elevasi wilayah Kecamatan Sumbermalang berada pada ± 543 mdpl, dengan variasi elevasi minimum sekitar 201 mdpl dan maksimum mencapai ± 1.216 mdpl pada beberapa titik tertentu ([Topographic-Map, 2025](#)). Informasi tambahan dari peta geografis Mapcarta menunjukkan bahwa pusat wilayah Sumbermalang berada pada ketinggian sekitar ± 586 mdpl ([Mapcarta, 2025](#)).

Potensi energi surya di lokasi penelitian diperoleh dari Global Solar Atlas (GSA) berdasarkan koordinat geografis Kecamatan Sumbermalang, Situbondo ($\pm 7,80^\circ$ LS dan $114,26^\circ$ BT). Berdasarkan data GSA, nilai Global Horizontal Irradiation (GHI) di wilayah Kecamatan Sumbermalang, tergolong tinggi dan stabil sepanjang tahun. Rata-rata irradiasi matahari tahunan, mencapai sekitar $1.800\text{--}1.950 \text{ kWh/m}^2/\text{tahun}$, yang setara dengan rata-rata irradiasi harian sebesar $4,9\text{--}5,3 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$. Nilai ini menunjukkan bahwa wilayah Sumbermalang sangat potensial untuk pemanfaatan panel surya sebagai sumber energi utama dalam mengoperasikan sistem pompa irigasi tetes secara mandiri ([Global Solar Atlas, 2024](#)).

Tahapan pelaksanaan penelitian yaitu :

1. Desain dan Perancangan Instalasi Pompa Tenaga Surya dan Rangkaian Irigasi Tetes yang tersaji pada [Gambar 1](#).



Gambar 1. Skema Rangkaian Pengendali Irigasi Tetes Berbasi *Solar Cell*

2. Perencanaan Komponen PLTS

a. Penentuan Daya Pompa

Perhitungan kapasitas daya pompa ditujukan untuk mengukur kemampuan pompa untuk mendistribusikan air dari sumber air menuju sistem irigasi tetes. Perhitungan kapasitas daya pompa yaitu (1) ([Alam et al., 2023](#)).

$$P = \rho \times Q \times g \times h \quad (1)$$

Keterangan :

P = Daya pompa (Watt)

ρ = massa jenis (kg/m^3)

g = gravitasi (m/s^2)

h = ketinggian pompa (m)

b. Penentuan Total Beban Harian

Penentuan total beban harian yang diperlukan dihitung dengan (2) :

$$P_L = P \times h \quad (2)$$

c. Penentuan Kapasitas Panel Surya

Kapasitas modul panel surya yang dinyatakan dalam Wp dan tersedia dalam beberapa ukuran. Kebutuhan kapasitas panel surya (kWp) ditentukan oleh besar energi (kW) yang dibutuhkan beban dalam satu periode dan tingkat radiasi matahari di lokasi. Beberapa faktor dapat memengaruhi efisiensi panel seperti temperatur, koneksi kabel, inverter, baterai, dan lain-lain, sehingga secara praktik hasil perhitungan yang diperoleh dikoreksi dengan faktor derating yang umumnya sekitar 40%. Maka kapasitas panel surya adalah (3) ([Alam et al., 2023](#)).

$$\Sigma P_m = \frac{\Sigma P_L}{100\% - Losses} \quad (3)$$

Setelah mendapat besar kapasitas panel surya yang dibutuhkan, maka dapat ditentukan berapa unit jumlah modul panel surya yang akan digunakan. Maka jumlah modul panel surya adalah (4).

$$\Sigma P_L = \frac{\Sigma P_m}{P_m} \quad (4)$$

Keterangan :

PL = Total beban harian (kW)

$losses$ = Faktor derating (40%)

ΣPv = Jumlah modul surya

Pm = Daya maksimum dari panel surya yang dipakai (WP)

3. Penentuan parameter pengujian dalam kegiatan penelitian ini, yaitu :

a. Pengujian Debit Emitter

Pengujian debit emitter adalah sebuah proses pengukuran jumlah air yang dikeluarkan oleh emitter atau alat penyemprot air pada sistem irigasi. Debit emitter dapat dihitung dengan menggunakan (5).

$$Q = \frac{V}{t} \quad (5)$$

Di mana :

Q = Debit emitter (ml / detik)

V = Volume tetesan emitter (ml)

t = Waktu pengamatan tetesan emitter (detik)

b. Pengujian Nilai Keseragaman Pemberian Air (EU)

Pengujian nilai keseragaman pemberian air dari setiap emitter diperlukan untuk memastikan setiap tanaman menerima jumlah air yang merata dan sesuai demi pertumbuhan tanaman.

Dengan melakukan pengujian nilai keseragaman pemberian dapat memastikan kerusakan tanaman akibat pemberian air yang berlebihan atau kekurangan. Dalam menghitung nilai EU dapat menggunakan (6).

$$\text{Keseragaman Pemberian Air (EU)} = \left(1 - \frac{SD}{\bar{x}}\right) \times 100\% \quad (6)$$

Dimana :

EU = Keseragaman pemberian air (%)

SD = Standar Deviasi

\bar{x} = Debit rata – rata tetesan emitter (ml / detik)

c. Pengujian Efisiensi Penyimpanan Air (EA)

Efisiensi penyimpanan air dapat mengacu pada seberapa baik air yang disimpan dan dipertahankan untuk keperluan pertumbuhan tanaman cabai. Pengujian efisiensi penyimpanan air sangat penting dilakukan untuk memastikan pertumbuhan tanaman secara optimal tanpa resiko kekurangan dan kehilangan air yang berlebihan pada saat proses penyiraman irigasi tetes pompa tenaga surya berlangsung. Menghitung nilai EA dapat dinyatakan (7) ([Ardriansyah, 2023](#)).

$$EA = EU \times 0,9 \quad (7)$$

Dimana :

EA = Efisiensi penyimpanan (%)

EU = Keseragaman pemberian air (%)

3. Hasil dan Pembahasan

Irigasi tetes dengan panel surya adalah metode irigasi yang menggunakan energi matahari untuk menggerakkan sistem penyiraman tetes. Panel surya akan mengubah energi matahari menjadi energi listrik yang kemudian digunakan untuk mengoperasikan pompa air otomatis dalam irigasi tetes. Dengan menggunakan energi dari panel surya, irigasi tetes menjadi lebih efisien dan ramah lingkungan karena tidak memerlukan biaya listrik tambahan dan mengurangi ketergantungan pada sumber daya energi konvensional ([Rachmawati, 2021](#)). Selain itu, irigasi tetes juga dapat membantu menghemat air dengan memberikan air secara langsung ke akar tanaman sehingga mengurangi pemborosan air dan mencegah terjadinya erosi tanah. Integrasi sistem irigasi tetes dan tenaga surya memiliki keterkaitan erat dengan pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan SDGs (*Sustainable Development Goals*). Sistem ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan air dan energi, tetapi juga memberikan manfaat sosial, ekonomi, dan lingkungan ([Yudawisastira et al., 2025](#)). Secara keseluruhan, penerapan sistem irigasi tetes berbasis tenaga surya terbukti memberikan kontribusi nyata terhadap pencapaian berbagai target SDGs. Teknologi ini meningkatkan efisiensi penggunaan air (SDG 6) sekaligus

memanfaatkan energi bersih dan terbarukan (SDG 7), sehingga mendukung praktik pertanian yang lebih berkelanjutan. Selain itu, biaya operasional yang lebih rendah mampu meningkatkan pendapatan petani (SDG 1) dan produktivitas hasil pertanian (SDG 2), yang berimplikasi langsung pada penguatan ketahanan pangan.

Pembuatan sistem irigasi tetes terdiri dari beberapa komponen yaitu panel surya, bak penampung, pompa air, kabel, MC4 *connector*, baterai accu 12 volt, *Solar Charger Controller*, *timer* dan pipa. Bak penampung yang digunakan dengan ukuran 50 L yang di mana diletakkan di bawah pompa air. Pipa yang digunakan yaitu pipa PVC dengan diameter $\frac{1}{2}$ inch dan panjang keseluruhan 8,76 meter di mana jarak antara lubang emitter satu dengan yang lainnya adalah 17 cm. Pipa dirangkai secara paralel yang melewati tiga baris jalur tanaman. Tanaman yang dialiri emitter adalah sebanyak 48 tanaman. Untuk waktu yang dibutuhkan dalam menyirami tanaman ialah 5 menit.

Panel surya bekerja dengan cara mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Ketika sinar matahari mengenai panel surya, panel tersebut menghasilkan listrik DC (arus searah) yang kemudian masuk pada *Solar Charger Controller* (SCC). SCC inilah yang mengatur energi listrik dari panel surya yang kemudian dialirkan menuju baterai. Energi yang tersimpan pada baterai akan menggerakkan pompa, pompa air tenaga surya ini akan mengalirkan air dari sumber air menuju tanaman cabai melalui pipa-pipa yang terhubung dengan sistem irigasi tetes. Sistem irigasi tetes akan menyebarkan air dengan jumlah yang tepat dan merata secara langsung ke akar tanaman cabai, sehingga tanaman cabai dapat mendapatkan air dengan efisien dan tanpa pemborosan.

3.1 Pengujian Sistem Irigasi Tetes

Sistem irigasi tetes dikaji menggunakan sistem irigasi tetes yang sudah terhubung dengan pewaktu otomatis, waktu yang dibutuhkan untuk pengambilan data adalah 5 menit. Komoditas yang ditanam adalah cabai sebanyak 48 tanaman yang ditanam menggunakan *polybag* dengan 48 emitter. Jarak setiap emitter sebesar 17 cm. Daya yang dibutuhkan pompa untuk mengalirkan air dari bak penampung ke saluran irigasi tetes, berdasarkan perhitungan dengan Persamaan (1), yaitu 0,1912KW (0,2HP). Berdasarkan hasil perhitungan dengan penggunaan kapasitas daya yang perlu dipersiapkan oleh panel 26,3WP dan panel yang digunakan sebesar 50WP. Perhitungan kapasitas panel surya dengan Persamaan (3), menunjukkan bahwa kapasitas panel surya minimal yang dibutuhkan untuk pengoperasian sistem adalah 26,3 WP. Namun, pada implementasi pengujian digunakan panel surya dengan kapasitas 50 WP, sehingga terdapat margin daya lebih dari 47% dibanding kebutuhan aktual. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas panel cukup untuk menjamin kinerja sistem, bahkan ketika terjadi penurunan intensitas radiasi matahari akibat faktor cuaca atau posisi matahari. Setelah mendapat kapasitas daya yang perlu disiapkan panel surya,

dapat dihitung berapa jumlah modul surya yang dibutuhkan. Maka jumlah modul surya yang dibutuhkan dapat ditentukan dengan Persamaan (4).

Baterai sebagai penyimpan energi yang digunakan Adalah baterai aki Yuasa YTZ5S Super MF Pafecta 90 Watt (12V, 7.5Ah). Di mana, baterai yang digunakan harus memenuhi persyaratan yaitu, agar baterai dapat bekerja secara normal maka arus yang tersimpan dalam baterai tidak boleh terkuras lebih dari 25%. Sehingga berdasarkan perhitungan dengan Persamaan , diperoleh nilai kapasitas *reel* baterai sebesar 67,5 watt. Selanjutnya, adalah penentuan *Solar Charger Controller* (SCC) yang berfungsi untuk memonitoring pengisian panel surya pada saat pengisian daya ke baterai. Sehingga, daya yang masuk pada inverter tidak berlebihan. Berdasarkan hasil perhitungan di atas kapasitas SCC yang diperlukan harus mempunyai spesifikasi 4,7 A atau di atasnya. Pada tugas akhir ini SCC yang digunakan dalam perencanaan sistem PLTS adalah jenis SCC PWM 30 A sebanyak 1 unit. Hasil pengujian tersaji pada [Tabel 1](#).

Tabel 1. Hasil Pengujian Kinerja Panel Surya

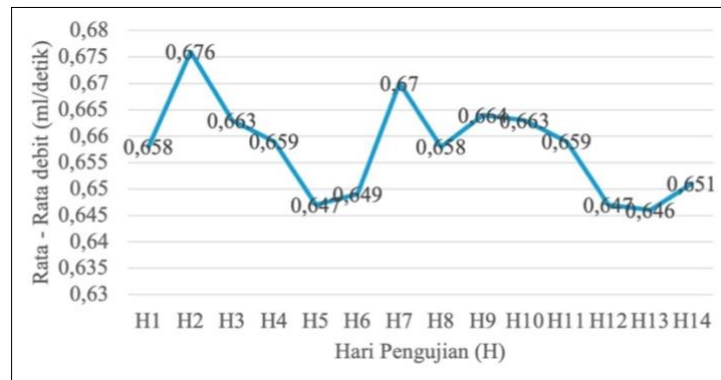
Hari	Tegangan Panel Surya (V)	Arus Panel Surya (A)	Tegangan SCC (V)	Arus SCC (A)	Tegangan Output Accu / Baterai (V)
1	18,4	1,49	14,9	1,89	14
2	18,6	1,53	14,3	1,96	14,5
3	18	1,66	14,8	1,07	14,8
4	16,2	2,12	16	1,13	16
5	18,1	2,20	16,5	1,20	16,5
6	18,9	1,54	16,5	1,22	16,7
7	19,4	1,47	16,1	1,16	16,2
8	18,9	2,15	14,8	1,96	14,1
9	18,4	1,85	14,1	1,84	15,8
10	18,2	1,36	14,6	1,71	14,7
11	18,2	1,19	13,7	1,78	14,2
12	15,2	1,13	13,2	0,97	13,1
13	14,7	1,02	11,4	0,88	12,8
14	18,1	1,78	14,6	1,22	16,4

Penggunaan panel surya 50 WP sangat efisien untuk mendukung kinerja pompa berdaya rendah. Margin daya yang tersedia berfungsi sebagai buffer energi yang penting untuk menjaga kontinuitas operasi, terutama pada siang hari ketika intensitas matahari berfluktuasi. Hasil ini sejalan dengan penelitian ([Syaief et al., 2023](#)) yang menegaskan bahwa kelebihan kapasitas panel surya berperan penting dalam menjaga stabilitas aliran air pada sistem irigasi. Proses distribusi air, keberadaan 48 emitter dengan jarak 17 cm menunjukkan desain yang cukup efektif untuk menjamin keterjangkauan air ke seluruh tanaman cabai.

3.2 Pengujian Debit Emitter

Pengujian debit emitter dilakukan dengan cara menampung air yang keluar dari emitter yang diletakkan di dalam gelas plastik. Pengujian ini dilakukan dengan durasi dan jadwal penyiraman tanaman cabai yang sudah diatur, yaitu sebanyak 1 kali dalam sehari. Pengujian dilakukan 14 kali

pengulangan pada 1 kali jadwal penyiraman yaitu pukul 07.00 hingga 08.00 WIB. Hasil pengujian selama 14 hari tersaji pada [Gambar 2](#).

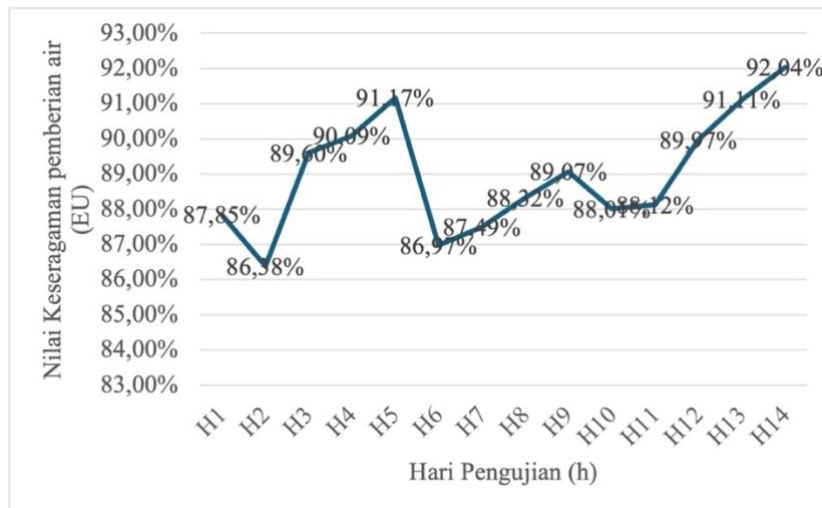


Gambar 2. Hasil Pengujian Rata – Rata Debit (ml/detik)

Berdasarkan [Gambar 2](#) debit yang dihasilkan sudah cukup bagi pertumbuhan cabai. Debit rata-rata yang keluar dari setiap emittersnya berbeda dan hasil paling rendah yaitu 0,646 ml/detik dan untuk hasil yang tertinggi sebesar 0,676 ml/detik. Dalam praktiknya kinerja emitter dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti variasi tekanan, kualitas air, dan potensi penyumbatan (*clogging*). Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian debit emitter untuk mengetahui kesesuaian performa dengan spesifikasi pabrik dan tingkat keseragaman distribusi air. Tujuan dari pengujian debit emitter yaitu untuk memastikan kesesuaian kebutuhan air dan kapasitas system hidraulik. Tujuan selanjutnya adalah dapat memonitoring bila terjadi perubahan keluaran debit emitter. Di mana, ketidakteraturan volume keluaran emitter dapat disebabkan oleh tersumbatnya jalur dalam emitter akibat padatan tersuspensi, deposit kimiawi (garam), atau biofilm mikroba ([Yao et al., 2025](#)).

3.3 Pengujian Keseragaman Pemberian Air

Pengujian nilai keseragaman pemberian air pada sistem irigasi dapat dilakukan dengan metode pengukuran yang disebut koefisien keseragaman. Metode ini biasanya melibatkan pengumpulan data terkait volume atau laju aliran air yang diberikan oleh sistem irigasi tetes pada beberapa titik di area tanaman yang diirigasi. Dengan melakukan pengujian nilai keseragaman pemberian air, dapat mengevaluasi seberapa merata pemberian air oleh sistem irigasi dan mengidentifikasi area-area yang mungkin memerlukan peningkatan agar tanaman mendapatkan nutrisi air yang lebih merata dan optimal. Idealnya setiap tanaman akan mendapat 100% dalam keseragaman pendistribusian air di setiap tetesan air agar setiap tanaman mendapatkan jumlah air yang sama ([Abdelhamid et al., 2025](#)). Pengujian keseragaman air (EU) dihitung berdasarkan pada (2), dan hasilnya tersaji pada [Gambar 3](#).

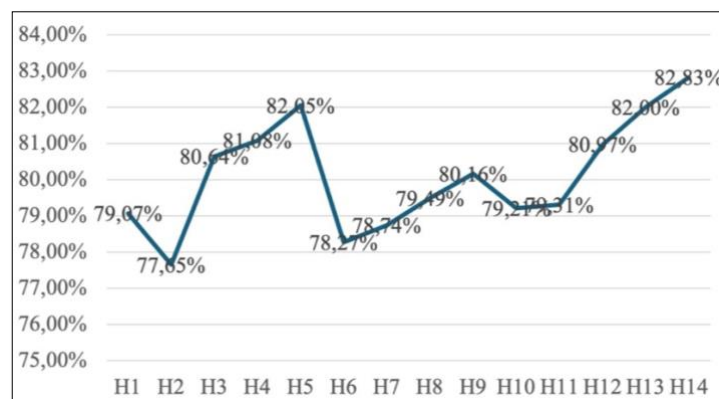


Gambar 3. Hasil Pengujian Nilai Keseragaman Pemberian Air (EU)

Berdasarkan data yang tersaji pada [Gambar 3](#), diperoleh nilai keseragaman rata – rata untuk 14 hari pengujian sebesar 89,01% ([Nugroho et al., 2019](#)). Nilai rata – rata keseragaman sebesar 89,01% ini masuk pada kriteria baik. Berdasarkan data yang tersaji, terlihat bahwa terdapat perbedaan penerimaan air harian yang di distribusikan melalui emitter. Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai macam faktor, seperti ukuran pipa lateral, gesekan pada pipa (*friction losses*), kualitas air dan penyumbatan (*clogging*), fluktuasi tekanan pompa serta faktor lingkungan seperti perubahan suhu dan intensitas sinar matahari pada sistem *solar cell* ([Wahyuni et al., 2023](#)) .

3.4 Pengujian Efisiensi Penyimpanan Air (EA)

Efisiensi penyimpanan merupakan ukuran seberapa baik sistem penyimpanan air dapat mempertahankan dan mengalirkan air dengan efisien tanpa terjadi kerugian yang signifikan. Dalam praktiknya, perhitungan efisiensi penyimpanan air (*storage efficiency*) menjadi langkah penting untuk menilai kemampuan tandon atau reservoir dalam menampung dan menyalurkan air sesuai kebutuhan tanaman serta meminimalkan kehilangan. Efisiensi penyimpanan air umumnya didefinisikan sebagai perbandingan antara volume air yang tersimpan dan siap dimanfaatkan dengan volume air yang seharusnya disimpan untuk memenuhi kebutuhan irigasi ([Al-Mhmdy & Al-Dulainmy, 2018](#)).



Gambar 4. Hasil Perhitungan Efisiensi Penyimpanan Air (EA)

Berdasarkan perhitungan nilai efisiensi penyimpanan air (EA) dengan (3) yang tersaji pada [Gambar 4](#), nilai rata-rata efisiensi penyimpanan air sebesar 80,11% yang masuk dalam kriteria baik. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sebanyak 80,11% dari total air yang diberikan melalui irigasi dapat tersimpan di zona akar tanaman (*root zone*) dan siap dimanfaatkan tanaman, sedangkan sisanya sekitar 19,89% hilang melalui proses seperti perkolasi ke lapisan tanah yang lebih dalam (*deep percolation*), limpasan permukaan (*runoff*), atau penguapan berlebih. Dalam praktiknya, integrasi antara sistem irigasi tetes dan *solar cell* sebagai sumber energi berjalan cukup baik. Nilai efisiensi ini menandakan bahwa energi listrik yang digunakan untuk menggerakkan pompa telah dimanfaatkan relatif efisien dan mendukung konsep *water – energy nexus* (pemakaian energi dan air yang saling mendukung) ([FAO, 2014](#)).

4. Kesimpulan

Komponen PLTS yang digunakan dalam merangkai rancangan sistem irigasi tetes dengan pompa air tenaga surya meliputi panel surya *monocrystalline silicone* 50 WP, dengan kapasitas daya pompa air 0,2 hp, watt meter, SCC 30A, baterai aki 12V 7,5A, *timer switch*, MC4 Connector dan kabel. Hasil pengujian debit sistem irigasi tetes menghasilkan rata-rata sebesar 0,658 ml/detik atau 197,4 ml selama 5 menit alat beroperasi. Keseragaman air mendapatkan nilai rata-rata sebesar 89,01%, di mana nilai ini termasuk dalam kriteria baik. Demikian juga dengan hasil rata-rata efisiensi penyimpanan air sebesar 80,11% yang termasuk dalam kriteria baik. Berdasarkan rata – rata keseragaman air dan efisiensi penyimpanan air yang berada pada rentang nilai baik, kemampuan pengisian energi pada accu per hari telah terpenuhi dan mampu mencukupi kebutuhan daya sistem irigasi tetes. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dan tersimpan dalam accu secara konsisten lebih besar dibandingkan dengan energi yang dibutuhkan untuk mengoperasikan pompa irigasi dan komponen pendukung selama satu siklus penyiraman. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem memiliki kecukupan energi yang memadai, sehingga sistem irigasi tetes berbasis solar cell dapat beroperasi secara stabil dan berkelanjutan sesuai dengan jadwal penyiraman

Singkatan yang Digunakan

PLTS	Pembangkit Listrik Tenaga Surya
SCC	<i>Solar Charger Controller</i>
EA	Efisiensi Penyimpanan Air
EU	Efisiensi Pemberian Air
SDG's	<i>Sustainable Development Goals</i>
PVC	<i>Polyvinyl Chloride</i>
PE	<i>Polyethylene</i>
WP	<i>Watt Peak</i>
DC	<i>Direct Current</i>
MC4 Connector	<i>Multi – Contact 4 milimeter - connector</i>

Pernyataan Ketersediaan Data

Data akan tersedia berdasarkan permintaan

Kontribusi Para Penulis

Elok Kurnia Novita Sari: Berkontribusi dalam analisis data, penulisan draf awal naskah serta melakukan revisi jurnal hingga tahap akhir. **Rizza Wijaya:** Berperan dalam pengawasan jalannya penelitian dan turut serta dalam penulisan naskah. **Sahrul Ulum:** Berperan dalam desain, perancangan dan pembuatan rangkaian irigasi tetes berbasis *solar cell*. **Ira Nurcahyanti:** Berperan dalam melakukan uji kinerja rangkaian irigasi tetes berbasis *solar cell*.

Pernyataan Konflik Kepentingan

Para penulis menyatakan bahwa mereka tidak memiliki kepentingan finansial yang bersaing atau hubungan pribadi yang dapat mempengaruhi penelitian dalam naskah ini.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada seluruh penulis atas kontribusi aktif dalam seluruh tahapan kegiatan, mulai dari pengumpulan data hingga penyusunan naskah.

Daftar Pustaka

- Abdelhamid, M. A., Abdelkader, T. K., Sayed, H. A, A., Zhang, Z., Zhao, X., & Atia, F. (2025). Design and Evaluation of a Solar Powered Smart Irrigation System for Sustainable Urban Agriculture. *Scientific Reports*, 15, 11761. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-94251-3>
- Alam, I. F., Azis, A., & Perawati, P. (2023). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Untuk Pompa Irigasi Sawah di Desa Ulak Aurstading Kecamatan Pemulutan Selatan Kabupaten Ogan Ilir. *Jurnal Surya Energy*, 8(1), 1. <https://doi.org/10.32502/jse.v8i1.6093>
- Al-Mhmdy, & Al-Dulainmy. (2018). Performance Evaluation Of Drip Irrigation System According To The Suggested Standards. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 49(6), 1099–1109. <https://doi.org/10.36103/ijas.v49i6.148>
- Apribowo, C. H. B., Arifin, Z., & Adriyanto, F. (2021). Pompa Air Tenaga Surya untuk Irigasi Persawahan bagi Masyarakat Desa Karang Rejo, Pesawaran, Lampung. *Wikrama Parahita: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(1). <https://doi.org/10.30656/jpmwp.v5i1.2633>
- Ardriansyah, M. R. (2023). *Uji Sistem Irigasi Tetes Otomatis Pada Tanaman Kayu Manis (Cinnamomum Burmani) Berbasis Mikrokontroller Arduino Uno* [Thesis]. Politeknik Negeri Jember
- Bawa, A., Amponsah, W., & David, A, Q. (2025). Design, Simulation, and Economic Analysis of a Solar Photovoltaic-Powered Pumping System for Drip Irrigation of a 1-ha Bean Farm in a Tropical Climate. *Journal of Engineering*, 2025(1), 1662260. <https://doi.org/10.1155/je/1662260>
- BPS. (2023). *Konsumsi Cabai Besar dan Rawit 2022 Sudah Melampaui Capaian Sebelum Pandemi*. Databoks, 2023. <https://databoks.katadata.co.id/agroindustri/statistik/98696c4512b1ec5/konsumsi-cabai-besar-dan-rawit-2022-sudah-melampaui-capaian-sebelum-pandemi>.

- Fakhrah, F., Unaida, R., Faradhillah, F., Ustrati, K., & Wati M. (2022). Analisis Efektivitas Penyaluran Air Melalui Penerapan Irigasi Tetes (Drip Irrigation) pada Tanaman Cabai di Lahan Kering. *Jurnal Agrium*, 19(3). <https://doi.org/10.29103/agrium.v19i3.8749>
- FAO. (2014). *The Water-Energy-Food Nexus : A New Approach in Support of Food Security and Sustainable Agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/86fe97cc-4a38-4511-a37f-8eb8ea8fe941/content>
- FAO. (2022). *World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2022*. FAO, Rome. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/0c372c04-8b29-4093-bba6-8674b1d237c7/content>
- Global Solar Atlas. (2024). *Solar resource data for Situbondo, East Java, Indonesia*. Retrieved from <https://globalsolaratlas.info>
- Habibi, I., Irawati, T., Mahfud, C., & Hardiyanto, S. (2025). Pemberian Tiga Bahan Dasar Pupuk Organik terhadap Pertumbuhan, Perkembangan dan Kejadian Penyakit pada Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) Varietas Akiyama. *Innofarm: Jurnal Inovasi Pertanian*, 27(1). <http://dx.doi.org/10.33061/innofarm.v27i1.11745>
- Kabirigi, M., Prakash, S. O., Prescella, B. V., Niamwiza, C., Quintin, S. P., Mwamjengwa, I. A., & Zhang, C. (2017). Fertigation for environmentally friendly fertilizers application : Constraints and opportunities for its application in developing countries. *Agricultural Sciences*, 8, 292-301. <https://doi.org/10.4236/as.2017.84021>
- Lefore, N., Closas, A., & Schmitter, P. (2021). Solar for all: A framework to deliver inclusive and environmentally sustainable solar irrigation for smallholder agriculture. *Elsevier : Energy Policy*, 154, 112313. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112313>
- Mapcarta. (2025). *Sumbermalang, Situbondo, East Java, Indonesia*. Retrieved from <https://mapcarta.com/15597970>
- Nugroho, A. A. S., Bowo, C., & Sudibya, J. (2019). Indeks Kekeringan Spi (Standardized Precipitation Index) Dan Pengaruhnya Terhadap Produktivitas Hortikultura Tahunan Di Kabupaten Jember. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 2(4), 149. <https://doi.org/10.19184/bip.v2i4.16312>
- Rachmawati, R. R. (2020). Smart farming 4.0 untuk Mewujudkan Pertanian Indonesia Maju, Mandiri dan Modern. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 38(2), 137–154. <https://media.neliti.com/media/publications/393777-none-aa49446b.pdf>
- Rienzani S. D., Susila, D. A., & Sulistyono, E. (2018). Penetapan Kebutuhan Air Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.) dan Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 9(1), 38-46. <https://doi.org/10.29244/jhi.9.1.38-46>
- Sahana, M. S. F., & Sugihartharan, M. (2021). Effect of Different Irrigation Intervals on Growth and Yield of Chilli Crop Grown in Sandy Soil. *AGRIEAST Journal of Agricultural Sciences*, 15(1). <http://dx.doi.org/10.4038/agriest.v15i1.97>
- Supriadi, D. R., Susila, A. D., & Sulistyono, E. (2018). Penetapan Kebutuhan Air Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.) dan Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 9(1). <https://doi.org/10.29244/jhi.9.1.38-46>
- Syaief, A. N., Putra, M. R. F., Ivana, R. T., & Artika, K. D. (2023). Kinerja Pmpa Air Tenaga Surya (PATs) dengan Menggunakan Pompa DC 12 Volt 180 Watt. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(2), 94–99. <http://dx.doi.org/10.34128/jt.v10i2.253>
- Thokal, R. T., Mohod, A., & Dhande, K. (2024). Solar-Powered Irrigation Systems: Sustainability, Advancements and Future Prospects. *Journal of Agricultural Engineering (India)*, 61(6). <https://doi.org/10.52151/jae2024616.1884>
- Topographic-Map. (2025). *Topographic map of Sumbermalang, Situbondo, Indonesia*. Retrieved from <https://en-sg.topographic-map.com/map-62w3tf/Sumbermalang/>

- Wahyuni, L. T., Tusi, A., & Amien, E. R. (2023). Uji Kinerja Sistem Fertigasi Tanaman Bawang Merah (*Allium cepa* L.). *Jurnal Agricultural Biosystem Engineeringi*, 2(3), 461–469. <https://doi.org/10.23960/jabe.v2i3.8060>
- Yao, Y., Xiao, Y., Hou, P., & Li, S. (2025). Evaluating the Influence of Water Quality on Clogging Behavior in Drip Irrigation Emitters: A CT Imaging Study. *Journals Water*, 17, 7. <https://doi.org/10.3390/w17071065>
- Yudawisastra, H. G., Pudjiastuti, S. R., Sajidin, M., Ardiyanto, I., Utari, D. S., Yuliani, R., ..., & Gozali, Z. (2025). *Pengembangan Sustainable Development Goals (SDGS)*. Widina Media Utama : Bandung. <https://repository.penerbitwidina.com/media/publications/610906-pengembangan-sustainable-development-goals-7cec1884.pdf>