

Design and Application of a Drip Irrigation System Using Solar Power

David P. Rumambi^{1*}, Ruland A. Rantung¹⁾, Hildy Wullur¹⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Pertanian

Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian. Universitas Sam Ratulangi

Jl. Kampus UNSRAT Manado, 95115. Indonesia.

*Corresponding author, email: davidrumambi@unsrat.ac.id

ABSTRACT

This research aims to design and apply a solar-powered drip irrigation system that is efficient in water use, especially on dry land. The system is designed using 100 WP solar panels to drive drip irrigation pumps, thus saving energy and reducing dependence on conventional energy sources. The research was conducted at the Green House of the Faculty of Agriculture, Sam Ratulangi University, with the method of assembling and testing the performance of the system. The results show that this drip irrigation system has a water flow uniformity coefficient of 97% with an average discharge per dripper reaching 24.53 ml/minute. This system allows for consistent water distribution and meets the water needs of pakcoy plants in dry land. The application of this solar-based drip irrigation system not only improves water use efficiency but also offers environmentally friendly and energy-saving solutions. The results of this study support the use of renewable energy in the agricultural sector and are expected to be adapted to various locations with similar geographical conditions to support sustainability and food security.

Keywords: Drip irrigation; dryland; renewable energy; solar power; water efficiency

Rancang Banngun dan Aplikasi Sistem Irigasi Tetes Menggunakan Tenaga Surya

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menerapkan sistem irigasi tetes bertenaga surya yang efisien dalam penggunaan air, khususnya pada lahan kering. Sistem yang dirancang menggunakan panel surya berkapasitas 100 WP untuk menggerakkan pompa irigasi tetes, sehingga dapat menghemat energi dan mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional. Penelitian dilakukan di Green House Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi, dengan metode perakitan dan uji kinerja sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem irigasi tetes ini memiliki koefisien keseragaman aliran air sebesar 97% dengan debit rata-rata per dripper mencapai 24,53 ml/menit. Sistem ini memungkinkan distribusi air yang konsisten dan memenuhi kebutuhan air tanaman pakcoy di lahan kering. Penerapan sistem irigasi tetes berbasis tenaga surya ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan air tetapi juga menawarkan solusi ramah lingkungan dan hemat energi. Hasil penelitian ini mendukung penggunaan energi terbarukan di sektor pertanian dan diharapkan dapat diadaptasi pada berbagai lokasi dengan kondisi geografis serupa untuk mendukung keberlanjutan dan ketahanan pangan.

Kata Kunci: Irigasi tetes; lahan kering; energi terbarukan; tenaga surya; efisiensi air

(Article History: Received 01-09-2025; Accepted 13-10-2025; Published 14-10-2025)

PENDAHULUAN

Pertanian merupakan salah satu sektor utama dalam ekonomi Indonesia, memiliki peran yang sangat penting dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat serta menjaga stabilitas perekonomian negara. Pertanian tidak hanya memberikan mata pencaharian bagi banyak orang, terutama di pedesaan, tetapi juga memproduksi berbagai jenis bahan pangan, seperti padi, jagung, kacang-kacangan, dan sayuran. Meskipun memiliki peran sentral dalam perekonomian Indonesia, pertanian masih dihadapkan pada sejumlah tantangan yang perlu diatasi guna meningkatkan produktivitas dan menjamin ketersediaan pangan bagi seluruh masyarakat (Syofya & Rahayu, 2018). Tantangan tersebut meliputi aspek tanah, air, teknologi, distribusi, dan pemasaran hasil pertanian, dengan infrastruktur irigasi sebagai faktor kunci yang memengaruhi kualitas dan kuantitas tanaman.

Menurut (BPS, 2019), 89% dari lahan pertanian Indonesia merupakan lahan pertanian kering. Lahan kering merupakan ekosistem yang sangat potensial sebagai salah satu tumpuan sumber daya lahan bagi pembangunan pertanian. Potensi lahan kering belum optimal dalam pengelolaannya karena dipengaruhi oleh komponen internal dan eksternal. Pertanian sangat bergantung pada sumber daya alam, khususnya air. Namun, kebutuhan akan air terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan populasi dan ekspansi lahan pertanian. Kurangnya akses terhadap sumber daya air, terutama di wilayah pedesaan, menghambat perkembangan pertanian. Keterbatasan air saat ini juga membatasi potensi pemanfaatan lahan kering untuk pertanian (Ridwan *et al.*, 2009).

Penggunaan listrik untuk menggerakkan pompa air dalam sistem irigasi membutuhkan biaya yang besar, terutama di wilayah yang belum terjangkau oleh instalasi listrik. Hal ini juga berimplikasi pada dampak lingkungan yang kurang menguntungkan karena listrik yang digunakan berasal dari pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara atau minyak bumi, suatu proses yang cenderung merugikan lingkungan karena emisi gas rumah kaca yang dihasilkannya berkontribusi terhadap perubahan iklim (Sumarsono & Widodo, 2019; Wulandari, 2017).

Grant *et al.* (2022) mengembangkan model *Solar-Powered Drip Irrigation Optimal Performance* (SDrOP) untuk merancang parameter optimal sistem irigasi tetes tenaga surya, mulai dari pemilihan pompa, kapasitas panel surya, hingga pengaturan jadwal irigasi. Dalam tinjauan global, sistem SPIS (*Solar Powered Irrigation Systems*) telah berkembang menjadi alternatif yang lebih terjangkau dan dapat diandalkan untuk menggantikan sistem berbasis bahan bakar fosil (Adhiguna & Rejo, 2018; Iskandar *et al.*, 2023; Watto *et al.*, 2024).

Pendekatan semacam ini penting agar sistem yang dirancang tidak *overdesign* (terlalu mahal) maupun *underdesign* (tidak mampu memenuhi kebutuhan air tanaman). Beberapa penelitian yang menggabungkan sistem IoT dan sensor untuk pengendalian irigasi secara otomatis berdasarkan kondisi tanah, kelembapan, curah hujan, dan parameter lingkungan lainnya. Sebagai contoh, Abdelhamid *et al.* (2025) mendesain dan mengevaluasi sistem irigasi cerdas rooftop berbasis tenaga surya, yang menghemat penggunaan air dan energi dibanding sistem konvensional sebesar kurang lebih 28.1%. Selain itu, (Balamurali *et al.*, 2025) melakukan tinjauan terhadap sistem irigasi surya berbasis IoT dengan prediksi hujan menggunakan konsentrasi polutan sebagai variabel tambahan untuk meningkatkan efisiensi

pengairan. Qian *et al.* (2024) mengeksplorasi sisi teknologi IoT di sistem irigasi pintar dari perspektif berbagai dimensi (sensor, komunikasi, analisis data, efisiensi biaya).

Sistem irigasi tetes tenaga surya ini dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air di pertanian, mengontrol jumlah air yang dibutuhkan dengan lebih baik, mengurangi pemborosan, dan meningkatkan produktivitas lahan serta berkontribusi pada pengembangan teknologi lokal yang relevan dengan kondisi geografis dan lingkungan pada daerah penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menerapkan sistem irigasi tetes bertenaga surya yang efisien dalam penggunaan air, khususnya pada lahan kering.

METODE PENELITIAN

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode rancang bangun, yang mencakup proses perancangan dan pengembangan alat, kemudian dilanjutkan dengan metode eksperimental. Metode eksperimen dilakukan melalui pengujian terencana di lapangan untuk mengumpulkan data dari kinerja alat yang diuji langsung yang dilakukan di Green House Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi pada bulan Juli hingga Agustus 2024.

Bahan dan Alat

Jaringan Irigasi Tetes (Pipa utama, pipa pembagi, pipa lateral, sambungan pipa dan *dripper*), Sprinkler, Pompa Air, Instalasi Panel Surya (Panel surya, *solar charge controller*, aki *deep cycle*), *Irrigation Timer*, Tangki 300L, Lux Meter, Meteran, AVO Meter, Termometer, Gelas Ukur, Laptop/ *Smartphone*, Alat Tulis.

Pelaksanaan Penelitian

Pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Tahap ini berupa pemasangan instalasi pembangkit listrik bertenaga surya di lokasi penelitian. Pemasangan instalasi ini terdiri dari pemasangan panel surya dan pemasangan *solar charge controller* (SCC) berjenis *pulse-width modulation* (PWM) yang nantinya akan dihubungkan dengan aki dan pompa air.

Pemasangan Komponen Irigasi Tetes

Pemasangan komponen irigasi tetes ini dilakukan proses penyusunan komponen-komponen yang dibutuhkan untuk membentuk sistem irigasi tetes yang lengkap dan berfungsi dengan baik yaitu *venturi injector*, filter, pengatur tekanan dan pengukur tekanan. Pada lahan akan dipasang *irrigation timer* untuk mengatur waktu operasi irigasi tetes, pipa lateral dengan alat aplikasi penetes yaitu *emitter* untuk mengendalikan aliran dari jaringan lateral dan pada setiap pipa lateral dipasang *air release valve* yang berfungsi untuk membuang angin saat ada air yang mengalir di dalam pipa (Silitongga *et al.*, 2023).

Integrasi Jaringan Irigasi Tetes Dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Dalam tahap ini, pompa air pada jaringan irigasi tetes akan dihubungkan dengan sumber listrik dari PLTS. Sistem irigasi tetes yang telah dirakit pada lahan uji untuk pengujian dan pengamatan.

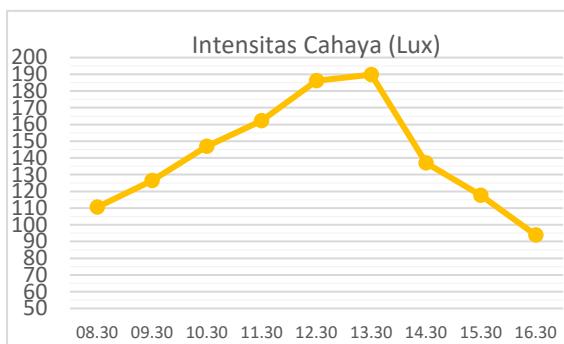
HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi dan Proses Pengisian Baterai

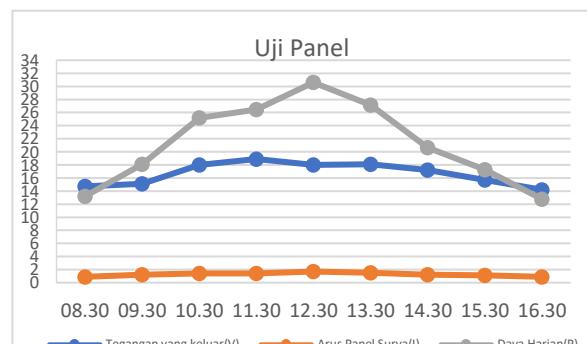
Panel surya yang digunakan dalam penelitian ini memiliki daya puncak sebesar 100 WP dengan dimensi 1005 x 675 x 34 mm. Jenis sel fotovoltaik yang digunakan adalah polikristalin, dengan tegangan maksimal sebesar 19.2 Volt dan arus maksimal sebesar 5.6 Ampere. Proses pengisian baterai dalam sistem panel surya dimulai ketika panel surya menangkap sinar matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik dalam bentuk arus searah (DC). Proses pengisian ini dikendalikan oleh solar charge controller untuk menjaga stabilitas arus dan tegangan (Rusman, 2017).

Hasil Pengujian Panel Surya

Pengujian panel surya dilaksanakan dengan mengukur tegangan dan arus ketika panel menerima cahaya matahari sebagai input. Pengujian ini dilakukan selama satu hari dengan hasil seperti pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Intensitas Cahaya Matahari Pada Pengujian Panel Surya



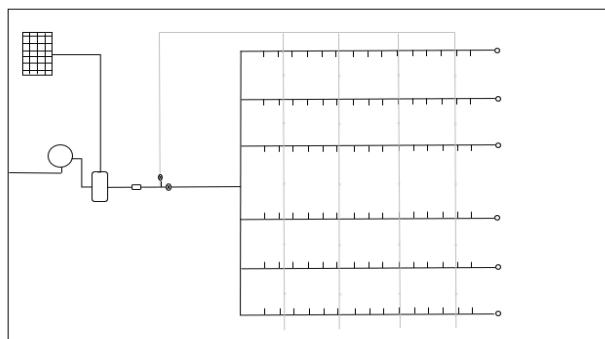
Gambar 2. Daya Harian Yang Dihasilkan Panel Surya

Pada Gambar 1 dan 2 menunjukkan hasil yang didapatkan pada pengujian panel surya pada penelitian ini, intensitas cahaya matahari tertinggi terjadi pada pukul 12:30 yaitu 191,1 lux dengan daya harian 30,6 watt dan intensitas terendah pada pukul 16:30 yaitu 93,9 lux dengan daya 12,78 watt. Hasil penelitian menunjukkan adanya keterkaitan yang signifikan antara intensitas cahaya matahari dengan daya yang masuk pada sistem panel surya. Semakin tinggi intensitas cahaya matahari, semakin besar daya yang dapat dihasilkan (Iskandar *et al.*, 2023).

Penerapan Sistem Irigasi Tetes

Penerapan sistem irigasi tetes ini dilakukan dengan mengalirkan air yang ditampung dalam tandon menggunakan pompa menuju jaringan irigasi. Pompa tersebut menghasilkan tekanan yang cukup untuk memastikan air mengalir merata dari tandon melalui pipa utama, yang kemudian dibagi ke pipa pembagi hingga mencapai pipa lateral dan *dripper*. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, tekanan yang dihasilkan oleh pompa terbukti mampu mendistribusikan air secara konsisten ke setiap *dripper*. Hal ini memastikan bahwa setiap tanaman menerima pasokan air yang cukup sesuai dengan kebutuhan. Distribusi air yang diamati di lapangan berjalan sesuai dengan rencana, di mana aliran air dari pipa utama menuju pipa pembagi kemudian terbagi lebih lanjut ke pipa lateral yang lebih kecil dan keluar melalui *dripper* dengan volume yang relatif seragam. Temuan ini mengindikasikan bahwa sistem irigasi tetes mampu mencapai tingkat keseragaman aliran air yang baik,

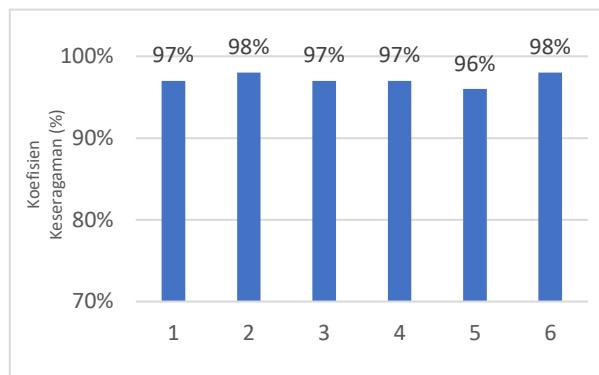
sehingga mendukung efisiensi penggunaan air dan optimalisasi pertumbuhan tanaman di lokasi penerapan (Ekaputri *et al.*, 2018; Grant *et al.*, 2022).



Gambar 3. Skema Sistem Irrigasi

Pengukuran Keseragaman Air

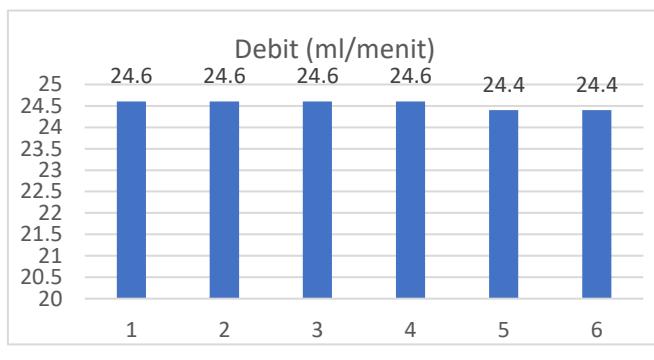
Pengukuran keseragaman tetesan dilakukan dengan mengukur volume tetesan pada gelas yang diletakkan pada masing-masing *dripper* pada waktu 1 menit. Hasil pengukuran keseragaman ini didapatkan koefisien keseragaman (CU) tiap barisannya adalah 96-98% dan koefisien keseragaman (CU) dari keseluruhan barisan adalah 97%. Hasil pengukuran keseragaman tetesan berdasarkan CU ini dapat dikatakan seragam atau layak karena keseragaman distribusi tetesan lebih dari 90%.



Gambar 4. Koefisien Keseragaman *Dripper* Per Baris

Debit Rata Rata per *Dripper*

Pengukuran debit air bertujuan untuk menentukan jumlah air yang mengalir serta kecepatan alirannya dalam satu menit. Debit air adalah volume air yang mengalir dalam satuan waktu. Tujuan pengujian ini adalah untuk mendapatkan rata-rata debit dari setiap *dripper* di sepanjang baris. Untuk mengukur debit pada setiap *dripper*, volume air yang terkumpul dalam gelas kolektor dihitung dan dibagi dengan durasi aliran, yang pada pengujian ini ditetapkan selama satu menit. Debit air rata-rata keseluruhan per *dripper* yang dihasilkan sebesar 24,53/menit. Keseragaman nilai debit ini menunjukkan konsistensi yang baik dalam kinerja setiap *dripper*, mendukung efisiensi penggunaan air dalam sistem irigasi tetes ini.

**Gambar 5.** Debit Rata Rata *Dripper* Per Baris

KESIMPULAN

Intensitas cahaya matahari tertinggi terjadi pada pukul 12:30 yaitu 191,1 lux dengan daya harian 30,6 watt dan intensitas terendah pada pukul 16.30 yaitu 93,9 lux dengan daya 12,78 watt. Debit rata-rata per emitter mencapai 24,5 ml/menit. Hasil pengukuran keseragaman menunjukkan koefisien keseragaman (CU) dengan nilai keseluruhan barisan mencapai 97%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelhamid, M. A., Abdelkader, T. Kh., Sayed, H. A. A., Zhang, Z., Zhao, X., & Atia, M. F. (2025). Design and evaluation of a solar powered smart irrigation system for sustainable urban agriculture. *Scientific Reports*, 15(1), 11761. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-94251-3>
- Adhiguna, R. T., & Rejo, A. (2018). Teknologi Irigasi Tetes Dalam Mengoptimalkan Efisiensi Penggunaan Air di Lahan Pertanian. *Seminar Nasional Hari Air Sedunia*, 107–116.
- Balamurali, D., Chakankar, S., Sharma, G., Pagey, A. P., Natarajan, M., Shaik, S., Gnanavandan, S., & Arıcı, M. (2025). A solar-powered, internet of things (IoT)-controlled water irrigation system supported by rainfall forecasts utilizing aerosols: a review. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-05953-z>
- BPS. (2019). Luas Lahan Menurut Penggunaan di Indonesia.
- Ekaputri, F. G., Yanti, D., Saputri, D., & Irsyad, F. (2018). Rancang bangun sistem irigasi tetes untuk budidaya cabai (*Capsicum annum L.*) dalam greenhouse di Nagari Biaro, Kecamatan Ampek Angkek, Kabupaten Agam, Sumatera Barat. *Jurnal Irigasi*, 11(2), 103–112.
- Grant, F., Sheline, C., Sokol, J., Amrose, S., Brownell, E., Nangia, V., & Winter, A. G. (2022). Creating a Solar-Powered Drip Irrigation Optimal Performance model (SDrOP) to lower the cost of drip irrigation systems for smallholder farmers. *Applied Energy*, 323, 119563. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119563>
- Iskandar, M. J., Hasanah, H. I. L., Prasetyowati, R. E., & Anwar, M. (2023). Efficiency of Solar Power Generation System Application on Agricultural Automatic Drip Irrigation in Indonesia. *Jurnal Ilmiah Membangun Desa Dan Pertanian*, 8(4), 146–154. <https://doi.org/10.37149/jimdp.v8i4.589>

- Qian, M., Qian, C., Xu, G., Tian, P., & Yu, W. (2024). Smart Irrigation Systems from Cyber–Physical Perspective: State of Art and Future Directions. *Future Internet*, 16(7), 234. <https://doi.org/10.3390/fi16070234>
- Ridwan, D., Setianingwulan, I. S., & Martief, L. M. (2009). Efektifitas Irigasi Tetes Untuk Mendukung Optimalisasi Pengelolaan Air Tanah Di Lahan Kering studi kasus Desa Akar Akar, Lombok Utara, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Irigasi*, 4(2), 107–119.
- Rusman, R. (2017). Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi Solar Cell Dengan Kapasitas 50 WP. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 4(2), 84–90. <https://doi.org/10.24127/trb.v4i2.75>
- Silitongga, R. G. R., Ludong, D. P. M., & Najoan, M. E. I. (2023). Aplikasi Sistem Irigasi Tetes Berbasis Mikrokontroler Arduino dalam Budidaya Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Jurnal MIPA*, 12(1), 25–29.
- Sumarsono, H., & Widodo, A. B. (2019). Perencanaan irigasi tetes sebagai upaya konservasi air di lahan sawah tada hujan. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 9(3), 667–676.
- Syofya, H., & Rahayu, S. (2018). Peran Sektor Pertanian terhadap Perekonomian Indonesia (Analisis Input-Output). *Manajemen Dan Kewirausahaan*, 9(3), 91–103. <https://doi.org/10.31317/jmk.9.3.91-103.2018>
- Watto, M. A., Shabir, M., Sher, A., & Ali Khan, M. A. (2024). *Solar-powered irrigation systems: recent developments and future trends* (pp. 209–232). <https://doi.org/10.19103/AS.2023.0123.11>
- Wulandari, P. (2017). Rancang bangun prototipe sistem pompa air mengambang bertenaga surya untuk irigasi tanaman [Doctoral Dissertation]. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.