



## Analisis Konsep Fisika pada Panel Surya dalam Sistem Irigasi Pertanian

Anggita Ragil Kusuma<sup>1</sup>, Mah Citra Yunia Artika Putri<sup>2</sup>, Kendid Mahmudi<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Mahasiswa Universitas Jember

<sup>3</sup>Dosen Universitas Jember

---

### Abstract

Received: 05 September 2025  
Revised: 17 September 2025  
Accepted: 28 September 2025

*Panel surya merupakan sumber energi terbarukan yang semakin populer untuk menggerakkan sistem irigasi pertanian. Artikel ini bertujuan untuk mengkaji konsep fotolistrik dan termodinamika dalam meningkatkan efisiensi panel surya, dengan pendekatan studi literatur. Fokus utama ditujukan pada pengaruh intensitas cahaya matahari dan suhu lingkungan terhadap performa sel fotovoltaik. Hasil Kajian literatur menunjukkan bahwa efisiensi sel fotovoltaik sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca, di mana suhu tinggi cenderung menurunkan efisiensi konversi energi, sedangkan intensitas cahaya berpengaruh positif hingga titik jenuh. Kajian ini juga membahas berbagai teknologi dan material sel surya yang mampu meningkatkan efisiensi dalam kondisi lingkungan yang berubah-ubah. Dengan memahami prinsip kerja, tantangan teknis, serta strategi optimalisasi, penerapan panel surya dalam sistem irigasi diharapkan dapat menjadi solusi energi berkelanjutan bagi sektor pertanian.*

**Kata Kunci :** *Panel Surya, Fotolistrik, Sel Fotovoltaik, Pertanian, Sistem Irigasi, Efisiensi Energi, Sumber Cahaya*

(\*) Corresponding Author: [kendidmahmudi.fkip@unej.ac.id](mailto:kendidmahmudi.fkip@unej.ac.id)

**How to Cite:** Kusuma, A., Putri, M. C., & Mahmudi, K. (2025). Analisis Konsep Fisika pada Panel Surya dalam Sistem Irigasi Pertanian. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 11(10.B), 1-7. Retrieved from <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/12972>

---

## PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi energi surya yang besar karena letak geografisnya yang berada di garis khatulistiwa, sehingga menerima sinar matahari sepanjang tahun. Menurut data dari Dewan Energi Nasional, potensi energi matahari di Indonesia mencapai sekitar 4,8 kWh/m<sup>2</sup> per hari, yang jika dikonversikan berdasarkan luas wilayah Indonesia setara dengan kapasitas 112.000 GWp (“Ketahanan Energi Indonesia 2015”). Namun, potensi besar ini belum dimanfaatkan secara optimal. Hingga kini, pemanfaatan energi surya di Indonesia baru mencapai sekitar 48 MWp. Angka ini masih jauh tertinggal dibandingkan dengan dominasi energi fosil. Berdasarkan Handbook of Energy and Economics Statistics of Indonesia 2016 (HEESI 2016), konsumsi energi nasional masih didominasi oleh minyak bumi sebesar 30,2%, diikuti oleh batu bara 24,8%, dan gas alam 19,03%, dengan total penggunaan energi fosil mencapai 74,14%. Panel Surya dapat menjadi pilihan, dengan adanya cahaya matahari yang terik, panel surya dapat mengubahnya menjadi energi listrik. Hal ini jelas dapat memudahkan petani untuk mengelola lahan (Anggara dan Saputra, 2023).

Energi surya adalah energi terbarukan yang ramah lingkungan dan dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang. Salah satunya untuk sektor pertanian yaitu dengan pemanfaatan teknologi yang smart dan efisien berbasis energi surya. Energi adalah salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan modern yang dapat diperoleh

dari berbagai sumber, salah satunya adalah matahari. Indonesia merupakan negara tropis yang disinari matahari sepanjang tahun, asupan cahaya matahari yang berlebih dapat digunakan atau dimanfaatkan menjadi sumber energi terbarukan. Energi matahari, yang melimpah dan tak terbatas, dapat dimanfaatkan melalui teknologi sel surya untuk menghasilkan listrik secara langsung menggunakan prinsip efek fotovoltaiik. Proses ini memungkinkan konversi energi berlangsung secara efisien dan ramah lingkungan tanpa menghasilkan polusi. Sel surya menyerap cahaya matahari dan mengubahnya menjadi arus listrik searah yang berguna dalam berbagai sistem kelistrikan. Dengan meningkatnya permintaan energi serta perlunya mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, pemanfaatan energi matahari melalui sel surya menjadi solusi berkelanjutan yang sangat potensial di masa depan.

Panel surya adalah perangkat yang terdiri atas kumpulan sel surya berbahan semikonduktor, yang berfungsi mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Mekanisme kerjanya didasarkan pada pertemuan antara semikonduktor tipe P dan tipe N. Panel ini disusun dari beberapa modul surya yang dirangkai secara seri maupun paralel, tergantung pada kebutuhan daya yang diinginkan. Dinamakan "surya" atau "solar" karena energi yang digunakan berasal dari matahari sebagai sumber cahaya utama. Panel surya juga dikenal dengan istilah sel fotovoltaiik, yang berarti "listrik dari cahaya". Proses konversi energi dalam sel surya bergantung pada prinsip fotovoltaiik untuk menangkap dan mengolah energi cahaya matahari. Secara umum, panel surya merupakan lapisan bahan semikonduktor yang dirancang untuk menyerap cahaya matahari dan mengonversinya menjadi energi listrik. Sel surya ini dibuat dari potongan kecil silikon yang telah dilapisi dengan zat kimia tertentu, membentuk struktur dasar dari sel surya tersebut (Gunoto et al., 2022).

Efek fotovoltaiik pertama kali ditemukan pada tahun 1839 oleh fisikawan asal Prancis, Alexandre-Edmond Becquerel. Meskipun begitu, sel surya baru berhasil dibuat pada tahun 1883 oleh Charles Fritts. Fotovoltaiik terdiri dari kumpulan sel surya yang dirangkai secara seri dan paralel untuk meningkatkan tegangan serta arus listrik yang dihasilkan, sehingga dapat memenuhi kebutuhan sistem beban listrik. Untuk memaksimalkan pemanfaatan energi matahari, permukaan panel fotovoltaiik harus diarahkan langsung ke arah datangnya sinar matahari. Teknologi energi surya fotovoltaiik merupakan salah satu metode pemanfaatan energi matahari yang menjanjikan sebagai sumber energi alternatif karena mampu mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik secara ramah lingkungan (Lubna et al., 2021).

Selain dikenal sebagai negara maritim, Indonesia juga dikenal sebagai negara agraris di mana sebagian besar penduduk Indonesia bermata pencaharian sebagai petani. Tercatat sebanyak 33,5 juta orang berprofesi sebagai petani menurut sumber Badan Pusat Statistik pada tahun 2018. Dalam sektor pertanian, energi listrik sangat dibutuhkan dalam berbagai aspek pertanian, seperti proses pengolahan bahan tani dan proses bertani, salah satu contoh spesifik adalah sistem irigasi pertanian. Alat penyemprot otomatis memerlukan energi listrik untuk bisa bekerja, namun adanya kendala daerah persawahan yang tidak terjangkau listrik menyulitkan petani.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa bagaimana pengaruh intensitas cahaya matahari dan suhu lingkungan terhadap performa sel fotovoltaiik, dan

menyusun strategi optimalisasi sistem panel surya agar dapat diterapkan secara efektif dalam irigasi pertanian, yang akan berdampak pada hasil panen dan juga kesejahteraan lingkungan.

## **METODE**

Penelitian mengenai efisiensi panel surya untuk sistem irigasi ini menggunakan metode *literature review*, yang dilakukan dengan menelaah berbagai jurnal ilmiah guna memberikan gambaran yang objektif dan mendalam mengenai topik yang dikaji. Jenis penelitian ini bersifat deskriptif, dengan tujuan untuk memahami secara komprehensif efisiensi teknologi fotovoltaik dalam konteks sistem irigasi dan aplikasinya dalam pengelolaan energi. Proses peninjauan literatur dilakukan dengan mengumpulkan jurnal-jurnal nasional dan internasional yang diterbitkan antara tahun 2020 hingga 2024, yang membahas efisiensi panel surya, sistem irigasi berbasis energi surya, serta penerapan prinsip fotolistrik dan termodinamika pada sistem tersebut. Penelitian ini melibatkan 23 jurnal, dengan kata kunci seperti *solar panel efficiency*, *irrigation system*, *photovoltaic energy*, dan *thermodynamics*. Tahap berikutnya adalah seleksi dan validasi jurnal yang relevan untuk memastikan kesesuaian dengan topik yang dibahas. Dari proses tersebut, diperoleh berbagai artikel yang sesuai dari sumber baik nasional maupun internasional.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### ***Hasil***

Berikut dilampirkan dalam tabel 1 hasil tinjauan beberapa artikel terkait topik bahasan yang ditulis oleh penulis, dilampirkan 3 hasil yang relevan terkait dengan penggunaan panel surya sebagai sumber tenaga dalam sistem irigasi pertanian.

<b>Sumber Literatur</b>	<b>Hasil Penelitian</b>
Habibi, dkk (2024). Modern Transformation in Agriculture for Onion Watering Automation with Solar Cell and IOT Technology.	Sistem beroperasi secara terus-menerus, dengan panel surya mengisi daya baterai VRLA setiap hari untuk mendukung pengoperasian di malam hari hal ini meningkatkan efisiensi air, mengurangi tenaga kerja manual, dan menawarkan solusi ramah lingkungan untuk budidaya bawang merah, terutama di daerah terpencil tanpa akses listrik konvensional. Ketahanannya terhadap tantangan lingkungan meningkatkan produktivitas dan mendukung praktik pertanian berkelanjutan.

<p>Utomo, B. R., Ishdianto, I., Kusnanto, H., Iwan, M., Sarwono, E., &amp; Hassan, H. K. (2022). Analisa Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Kinerja Modul Photovoltaic Cell.</p>	<p>Modul ini membahas pengujian performa modul photovoltaic cell tipe HY1-49 dalam mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Penelitian dilakukan dengan dua modul disusun seri pada sudut kemiringan 121°, dan dianalisis berdasarkan pengaruh intensitas cahaya terhadap tegangan, arus, dan daya keluaran. Hasil menunjukkan intensitas cahaya sangat memengaruhi performa keluaran listrik, dengan nilai maksimum tercatat pada siang hari saat intensitas cahaya tertinggi.</p>
<p>Okomba, N. S., Esan, A. O., Omodunbi, B. A., Sobowale, A. A., Adanigbo, O. O., &amp; Oguntuase, O. O. (2023). IOT based solar powered pump for agricultural irrigation and control system.</p>	<p>Sistem irigasi otomatis berbasis panel surya dan IoT secara mandiri mengatur pompa berdasarkan suhu dan kelembapan. Saat suhu mencapai 37,2°C dan kelembapan 49,6%, pompa aktif dan setelah 1 jam 48 menit, suhu turun menjadi 26,7°C, dengan kelembapan udara 73,9% dan kelembapan tanah 88%. Sistem terbukti efisien dalam menjaga kestabilan kondisi lahan secara otomatis dan berkelanjutan tanpa intervensi manual.</p>

Sistem yang digunakan untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik dikenal sebagai sel fotovoltaik. Sel fotovoltaik merupakan perangkat elektronik yang mampu mengonversi cahaya matahari secara langsung menjadi energi listrik. Teknologi ini juga memiliki prospek untuk membentuk sistem energi yang ramah lingkungan, andal, serta efisien dan ekonomis di masa mendatang. Berbagai penelitian telah dilakukan terkait pemanfaatan sel fotovoltaik sebagai sumber energi listrik. Salah satunya oleh Mukhamad Khumaidi Usman yang mengkaji hubungan antara intensitas cahaya dan output listrik dari sel fotovoltaik. Dalam penelitiannya, penggunaan sel fotovoltaik berdaya 10 Wp menunjukkan bahwa pada intensitas cahaya sebesar 6.900 LUX, dihasilkan tegangan sebesar 17,7 V dan arus 0,02 A. Sementara itu, pada intensitas cahaya 121.100 LUX, tegangan yang dihasilkan meningkat menjadi 20,2 V dengan arus sebesar 0,53 A. Temuan ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi intensitas cahaya yang diterima, maka tegangan dan arus listrik yang dihasilkan pun akan semakin besar (Utomo et al., 2022).

Efek fotolistrik adalah proses di mana energi dari foton cahaya menyebabkan elektron terlepas dari permukaan material semikonduktor, menghasilkan arus listrik. Dalam konteks panel surya, peningkatan intensitas cahaya menghasilkan keluaran daya yang lebih besar hingga mencapai ambang tertentu. Namun demikian, paparan intensitas tinggi juga dapat menyebabkan peningkatan suhu modul yang berdampak buruk pada efisiensi.

Selain intensitas, panjang gelombang cahaya turut memengaruhi kinerja panel. Teknologi sel surya multi-junction dikembangkan untuk menangkap berbagai spektrum cahaya seperti sinar ultraviolet dan inframerah guna meningkatkan efisiensi konversi. Material semikonduktor seperti CdTe dan CIGS juga menunjukkan kinerja yang lebih baik di bawah pencahayaan rendah, menjadikannya kandidat ideal untuk sistem irigasi berbasis energi surya. Rekayasa struktur material, seperti penggunaan teknologi thin-film dan pengaturan band gap, memungkinkan panel untuk bekerja lebih optimal dalam kondisi spektrum cahaya yang bervariasi.

Secara termodinamika, peningkatan suhu pada panel surya menurunkan tegangan keluaran ( $V_{oc}$ ), mempercepat rekombinasi elektron-hole, dan meningkatkan resistansi internal, yang berujung pada penurunan efisiensi [3]. Hasil studi menyebutkan bahwa efisiensi panel dapat berkurang 0,4%–0,5% untuk setiap kenaikan suhu sebesar 1°C [4]. Pada kondisi iklim tropis seperti di Indonesia, suhu lingkungan yang tinggi sering menjadi tantangan utama dalam mempertahankan efisiensi sistem panel surya. Untuk mengatasi hal ini, berbagai teknik pendinginan dikembangkan, mulai dari sistem pasif yang mengandalkan konveksi alami hingga sistem aktif yang memanfaatkan cairan atau heat pipe untuk mengalirkan panas keluar dari modul.

Kinerja panel surya dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, seperti intensitas sinar matahari, suhu sekitar, serta sudut pemasangan panel. Ketika suhu lingkungan terlalu tinggi, resistansi internal panel akan meningkat dan tegangan output akan menurun, sehingga efisiensi sistem secara keseluruhan bisa berkurang. Penurunan efisiensi akibat suhu tinggi tidak hanya memengaruhi output listrik, namun juga kestabilan distribusi air dalam sistem irigasi. Oleh karena itu, manajemen termal menjadi aspek vital dalam pengoperasian panel surya. Penggunaan sistem irigasi otomatis yang menggunakan energi surya mampu menekan penggunaan air secara berlebihan dan mengurangi kebutuhan tenaga kerja, serta berkontribusi pada peningkatan produktivitas tanaman dan keberlanjutan praktik pertanian.

## **KESIMPULAN**

Pemahaman mendalam terhadap prinsip-prinsip fisika seperti efek fotolistrik dan termodinamika sangat penting dalam pengembangan sistem irigasi berbasis energi surya. Dengan penerapan teknologi yang sesuai dan strategi optimasi yang tepat, efisiensi sistem dapat ditingkatkan secara signifikan, mendukung produktivitas pertanian dan keberlanjutan energi.

## **REFERENSI**

- Anggara, M., & Saputra, W. (2023). Analisis Kinerja Sel Surya Monocrystalline dan Polycrystalline di Kabupaten Sumbawa NTB. *Jurnal Flywheel*, 14(1), 7-12.
- Ansarullah, A., Altim, M. Z., Hamri, H., Kawani, G. A., Abdullah, A., & Kapriani, K. (2025). Implementasi Panel Surya pada Sawah Tadah Hujan di Desa Borisallo Menuju Desa Green Ekonomi. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Nusantara*, 6(2), 2903-2910.
- Bayu, J. I., Sulistiyawati, I. B., & Agustini, N. P. (2023). Monitoring Pengaruh Suhu Pada Panel Surya Terhadap Performa Keluaran Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Jurnal Fortech*, 4(1), 27-32.
- Espitia, J. J., Velázquez, F. A., Rodriguez, J., Gomez, L., Baeza, E., Aguilar-Rodríguez, C. E., ... & Villagran, E. (2024). Solar Energy Applications in Protected Agriculture: A Technical and Bibliometric Review of Greenhouse Systems and Solar Technologies. *Agronomy*, 14(12), 2791.
- Fuadiyah, T., & Sudarti, S. (2022). Potensi Pemanfaatan Sel Surya untuk Mendukung Energi di Bidang Pertanian. *JTPG (Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo)*, 7(2), 75-79.
- Gunoto, P., Rahmadi, A., & Susanti, E. (2022). Perancangan Alat Sistem Monitoring Daya Panel Surya Berbasis Internet of Things. *Sigma Teknika*, 5(2), 285-294.
- Habibi, I. I. A., Wirayoga, S., Huda, M., & Astono, G. Y. (2024). Modern Transformation in Agriculture for Onion Watering Automation with Solar Cell and IOT Technology. *JEECS (Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences)*, 9(2), 149-158.
- Harahap, P., Bustami, I., & Oktrialdi, B. (2022). Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Dan Suhu Terhadap Daya Yang Dikeluarkan Oleh Modul Sel Surya Monocrystalline Dan Polycrystalline. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 3(2), 1-5.
- Harun, E. H., Ahmad, F., & Ilham, J. (2023). Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Kapasitas Daya Yang Dihasilkan. *Journal Of Renewable Energy Engineering*, 1(2), 25-28.
- Lubna, L., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2021). Potensi Energi Surya Fotovoltaik Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Pelita: Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah*, 21(1), 76-79.
- Okomba, N. S., Esan, A. O., Omodunbi, B. A., Sobowale, A. A., Adanigbo, O. O., & Oguntuase, O. O. (2023). IOT based solar powered pump for agricultural irrigation and control system. *Fudma Journal of Sciences*, 7(6), 192-199.
- Ramli, R. M., & Jabbar, W. A. (2022). Design and implementation of solar-powered with IoT-Enabled portable irrigation system. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, 2, 212-225.
- Syahid, M., Salam, N., Piarah, W., Djafar, Z., Tarakka, R., & Alqadri, G. (2022). Pemanfaatan pompa air tenaga surya untuk sistem irigasi pertanian. *JURNAL TEPAT: Teknologi Terapan untuk Pengabdian Masyarakat*, 5(1), 102-108.
- Utomo, B. R., Ishdianto, I., Kusnanto, H., Iwan, M., Sarwono, E., & Hassan, H. K. (2022). Analisa Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Kinerja Modul Photovoltaic Cell. *Jurnal Creative Research in Engineering*, 2(2), 72-80.

Yuliatin, U., Handoko, S., Hamdani, C. N., & Widiyanto, T. (2023). Sistem pompa listrik tenaga surya untuk irigasi lahan pertanian masyarakat Cepu. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Sains Indonesia*, 5(2), 72-77.