
PENERAPAN POMPA AIR TENAGA SURYA UNTUK IRIGASI SAWAH DI WILAYAH PEDESAAN

Perdi Tumangger¹, Chrisvan Gebariel Bonatua Simangunsong², Desman Jonto Sinaga
S.pd.,M.T2³, Denny Haryanto Sinaga, S.Pd.,M.Eng⁴

email: tumanggerperdi02@gmail.com, chrisvansimangunsong72@gmail.com

^{1,2,3}Universitas Negeri Medan, Jl. William Iskandar Ps. V, Medan Estate, Kec. Percut Sei
Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20222, Sumatera Utara, Program Studi
Teknik Elektro, Fakultas Teknik

Abstrak

Pompa air tenaga surya (PATS) merupakan solusi energi terbarukan yang ramah lingkungan dan hemat biaya untuk kebutuhan irigasi di wilayah pedesaan. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh masih terbatasnya akses listrik di desa-desa pertanian serta tingginya biaya operasional penggunaan pompa berbahan bakar fosil. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis efektivitas penerapan PATS sebagai sistem irigasi alternatif di daerah yang memiliki potensi sinar matahari tinggi. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan deskriptif kuantitatif dengan pengumpulan data melalui observasi, pengukuran debit air, dan wawancara kepada petani pengguna sistem. Sistem diuji coba menggunakan panel surya berkapasitas 1200 Wp dan pompa submersible selama lima hari pada lahan sawah seluas 0,5 hektare. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PATS mampu menghasilkan debit air rata-rata 3.200–3.600 liter per hari, mencukupi kebutuhan irigasi untuk luas lahan tersebut. Selain itu, sistem ini menghilangkan biaya bahan bakar dan listrik, serta meningkatkan indeks pertanaman dari 1,5 menjadi 2 kali tanam per tahun. Petani menyatakan puas terhadap kinerja sistem meski terdapat kekurangan saat cuaca mendung. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan PATS layak dikembangkan lebih lanjut sebagai teknologi irigasi berkelanjutan yang mendukung ketahanan pangan dan efisiensi energi.

Kata Kunci: pompa air tenaga surya, irigasi, desa, pertanian berkelanjutan, efisiensi energi

Abstract

Solar-powered water pumps (PATS) are a renewable, environmentally friendly, and cost-effective solution for irrigation needs in rural areas. This study is motivated by the limited access to electricity in farming villages and the high operational costs of fossil-fuel-based pump systems. The objective of this research is to analyze the effectiveness of PATS implementation as an alternative irrigation system in areas with high solar potential. A quantitative descriptive method was employed, with data collected through observation, water flow measurements, and interviews with farmers using the system. The system was tested over five days on a 0.5-hectare rice field using 1200 Wp solar panels and a submersible pump. The results showed that PATS produced an average water discharge of 3,200–3,600 liters per day, sufficient to meet irrigation needs for the field size. Furthermore, the system eliminated fuel and electricity costs and increased the planting index from 1.5 to 2 times per year. Farmers expressed satisfaction with the system's performance, despite some limitations during cloudy weather. These findings indicate that PATS is a feasible and scalable solution for sustainable irrigation technology, supporting both food security and energy efficiency.

Keywords: solar water pump, irrigation, rural, sustainable agriculture, energy efficiency

A. PENDAHULUAN

Pertanian masih menjadi sektor strategis dalam perekonomian Indonesia, khususnya di wilayah pedesaan yang mayoritas masyarakatnya menggantungkan hidup dari aktivitas bercocok tanam. Salah satu tantangan utama dalam pertanian, terutama pada subsektor tanaman pangan seperti padi, adalah ketersediaan air yang berkelanjutan. Irigasi menjadi aspek vital dalam mendukung produktivitas pertanian, namun tidak semua wilayah pedesaan memiliki akses yang memadai terhadap sistem irigasi konvensional akibat keterbatasan infrastruktur dan kondisi geografis. Banyak petani di pedesaan masih mengandalkan curah hujan musiman, sehingga produksi pertanian menjadi sangat rentan terhadap perubahan iklim dan kekeringan (Siregar, 2020).

Salah satu solusi yang terus dikembangkan untuk mengatasi permasalahan irigasi di daerah terpencil adalah penggunaan pompa air tenaga surya (solar water pump). Teknologi ini memanfaatkan energi matahari untuk menggerakkan pompa air yang dapat menyedot air dari sumber seperti sumur, sungai, atau embung, kemudian dialirkan ke lahan pertanian. Energi surya dipilih karena sifatnya yang terbarukan, ramah lingkungan, serta dapat diakses secara luas terutama di daerah tropis seperti Indonesia yang memiliki intensitas cahaya matahari tinggi sepanjang tahun (Hidayat & Ramdani, 2021).

Penerapan pompa air tenaga surya menjadi alternatif yang layak dalam mengatasi masalah ketergantungan pada bahan bakar fosil dan listrik konvensional, yang biaya operasionalnya relatif tinggi dan aksesnya terbatas di pedesaan. Selain itu, teknologi ini juga mendukung pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs), khususnya pada poin ke-7 (Energi Bersih dan Terjangkau) dan poin ke-13 (Penanganan Perubahan Iklim).

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji efektivitas pompa air tenaga surya di sektor pertanian. Misalnya, penelitian oleh Wahyudi et al. (2019) di Kabupaten Lombok Timur menunjukkan bahwa pompa tenaga surya mampu meningkatkan efisiensi irigasi hingga 35% serta mengurangi biaya operasional pertanian hingga 40%. Sementara itu, studi oleh Prasetyo dan Suryadi (2021) di daerah Bantul menegaskan bahwa penerapan teknologi ini mampu meningkatkan frekuensi penyiraman lahan, yang berdampak positif terhadap peningkatan hasil panen padi.

Meskipun demikian, penerapan pompa air tenaga surya masih menghadapi berbagai tantangan. Salah satunya adalah keterbatasan pengetahuan dan keterampilan petani dalam

pengoperasian dan pemeliharaan sistem. Selain itu, biaya awal investasi untuk instalasi sistem ini tergolong cukup tinggi bagi sebagian besar petani kecil. Faktor-faktor ini menjadikan pentingnya dukungan dari pemerintah, lembaga swadaya masyarakat, serta penguatan peran kelompok tani dalam memperluas pemanfaatan teknologi ini secara berkelanjutan (Santoso, 2022).

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi penerapan pompa air tenaga surya sebagai solusi irigasi di wilayah pedesaan, khususnya pada daerah yang belum terjangkau sistem irigasi teknis. Penelitian ini tidak hanya akan menilai aspek teknis dan efisiensi energi dari sistem, tetapi juga mempertimbangkan dampak sosial-ekonomi bagi petani pengguna teknologi. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar rekomendasi bagi pengambilan kebijakan dalam pengembangan teknologi energi terbarukan di sektor pertanian Indonesia.

B. LANDASAN TEORI

Irigasi dan Peranannya dalam Pertanian

Irigasi merupakan salah satu faktor penentu keberhasilan usaha pertanian, khususnya dalam budidaya tanaman pangan seperti padi. Menurut Kementerian Pertanian (2020), irigasi didefinisikan sebagai usaha penyediaan dan pengaturan air untuk menunjang pertumbuhan tanaman, baik secara langsung maupun tidak langsung. Sistem irigasi berperan dalam menjamin ketersediaan air pada lahan pertanian secara kontinyu, terutama pada musim kemarau ketika curah hujan sangat terbatas. Dengan irigasi yang memadai, efisiensi penggunaan air dapat ditingkatkan, dan risiko gagal panen akibat kekeringan dapat dikurangi (Mulyani, 2019).

Jenis-jenis irigasi antara lain irigasi permukaan, irigasi bawah tanah, irigasi tetes, dan irigasi sprinkler. Namun demikian, di wilayah pedesaan, terutama yang jauh dari sumber air besar atau infrastruktur irigasi teknis, penggunaan pompa air menjadi pilihan utama dalam sistem irigasi semi modern.

Energi Terbarukan dan Energi Surya

Energi terbarukan merupakan sumber energi yang berasal dari proses alam yang dapat diperbarui secara terus-menerus, seperti energi matahari, angin, air, dan biomassa. Salah satu bentuk energi terbarukan yang sangat potensial di Indonesia adalah energi surya. Dengan posisi geografis di daerah khatulistiwa, Indonesia mendapatkan paparan sinar matahari yang

konsisten sepanjang tahun dengan rata-rata intensitas sebesar 4,8 kWh/m²/hari (ESDM, 2021). Pemanfaatan energi surya dalam bidang pertanian dilakukan melalui instalasi panel surya (photovoltaic/PV) yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Listrik ini kemudian digunakan untuk menggerakkan pompa air yang dapat menyedot air dari sumber seperti sumur atau sungai ke lahan pertanian. Teknologi ini dikenal sebagai solar water pumping system (SWPS).

Pompa Air Tenaga Surya (Solar Water Pumping System)

Pompa air tenaga surya adalah sistem pemompaan air yang menggunakan panel surya sebagai sumber energi utama untuk menggerakkan motor pompa. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu panel surya, controller, inverter (pada sistem AC), dan pompa air. Menurut Lestari dan Priyanto (2022), keunggulan pompa air tenaga surya antara lain tidak memerlukan bahan bakar fosil, ramah lingkungan, hemat biaya jangka panjang, serta cocok untuk wilayah terpencil yang belum terjangkau listrik. Pompa air tenaga surya diklasifikasikan menjadi dua jenis berdasarkan jenis arusnya: pompa DC (direct current) dan pompa AC (alternating current). Sistem DC biasanya lebih sederhana dan efisien, sedangkan sistem AC memerlukan inverter untuk mengubah arus DC dari panel surya menjadi arus AC.

Keberlanjutan Teknologi dan Kemandirian Petani

Penerapan teknologi berbasis energi terbarukan seperti pompa air tenaga surya tidak hanya berdampak pada aspek teknis pertanian, tetapi juga mendukung kemandirian petani dalam hal energi dan produksi. Menurut Wahyuni (2020), kemandirian teknologi di tingkat petani mendorong efisiensi usaha tani, menekan biaya produksi, serta meningkatkan produktivitas secara berkelanjutan. Selain itu, penggunaan teknologi ramah lingkungan berkontribusi pada pengurangan emisi karbon dan kerusakan lingkungan akibat penggunaan bahan bakar fosil. Namun, keberlanjutan teknologi ini sangat bergantung pada faktor-faktor sosial-ekonomi, seperti kemampuan petani dalam mengoperasikan dan merawat alat, ketersediaan dukungan teknis, serta skema pembiayaan atau subsidi dari pemerintah.

Teori Adopsi Inovasi

Dalam kerangka adopsi teknologi, teori difusi inovasi dari Everett Rogers (1962) yang telah banyak digunakan dalam penelitian agribisnis juga relevan. Teori ini menjelaskan bagaimana suatu inovasi diperkenalkan dan diadopsi oleh masyarakat. Terdapat lima karakteristik utama yang mempengaruhi tingkat adopsi suatu inovasi, yaitu: keuntungan

relatif, kompatibilitas, kompleksitas, kemampuan diuji coba (trialability), dan dapat diamati hasilnya (observability). Dalam konteks pompa air tenaga surya, jika petani memandang teknologi ini menguntungkan, sesuai dengan kondisi mereka, mudah digunakan, dan hasilnya terlihat nyata, maka kemungkinan adopsinya akan lebih tinggi.

C. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan metode studi kasus, yang bertujuan untuk menganalisis implementasi pompa air tenaga surya sebagai solusi irigasi di wilayah pedesaan, khususnya dalam konteks efisiensi energi, efektivitas pemanfaatan air, dan keberlanjutan sistem pertanian. Lokasi penelitian dipilih secara purposif di daerah pedesaan yang memiliki keterbatasan akses terhadap jaringan listrik dan infrastruktur irigasi, tetapi memiliki potensi penyinaran matahari yang tinggi, seperti di Kabupaten Dompu, NTB, dan beberapa desa di Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada data dari Kementerian ESDM (2021) yang menunjukkan daerah-daerah dengan potensi radiasi matahari tinggi namun termasuk kategori wilayah tertinggal dalam hal irigasi teknis.

Pengumpulan data dilakukan melalui teknik observasi langsung, wawancara semi-terstruktur dengan petani, perangkat desa, dan penyedia teknologi pompa air tenaga surya, serta dokumentasi berupa catatan operasional, foto lapangan, dan data penggunaan air dan energi sebelum dan sesudah implementasi sistem. Observasi digunakan untuk mencermati secara langsung kinerja sistem pompa air tenaga surya dalam mengalirkan air ke lahan pertanian. Wawancara dilakukan untuk menggali persepsi, hambatan, dan manfaat yang dirasakan oleh petani terhadap penggunaan sistem ini. Data dianalisis menggunakan teknik analisis isi tematik untuk menemukan pola-pola tematik terkait efektivitas teknis, dampak ekonomi, serta kendala teknis dan sosial.

Arsitektur sistem yang diteliti terdiri atas panel surya (solar PV), controller, dan pompa air submersible yang dirancang untuk bekerja secara otomatis saat matahari bersinar. Panel surya dikalibrasi untuk menghasilkan daya listrik antara 300–1.500 watt, tergantung kapasitas sistem. Pompa air dikoneksikan ke sumber air tanah melalui pipa, lalu dialirkan ke bak penampung atau langsung ke saluran irigasi. Sistem ini tidak memerlukan baterai karena dirancang dengan sistem direct drive, yang bekerja saat ada sinar matahari dan berhenti otomatis saat tidak ada intensitas cahaya mencukupi.

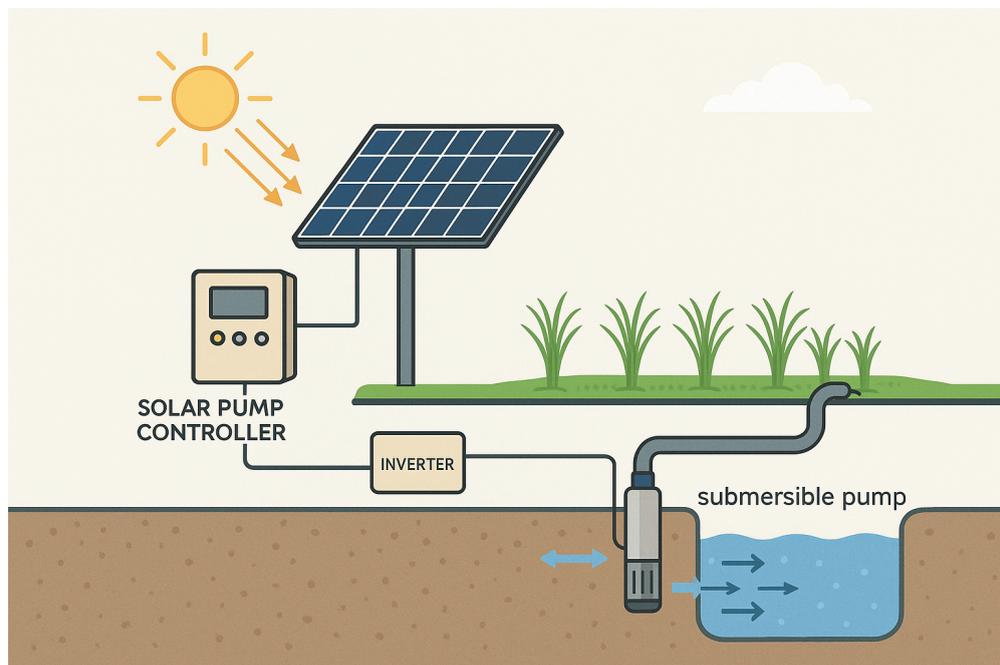
Untuk mengukur keberhasilan implementasi, indikator yang digunakan meliputi: (1) jumlah debit air yang dipompa per hari, (2) luas lahan yang dapat diairi, (3) penghematan biaya operasional dibandingkan pompa diesel atau listrik PLN, serta (4) tingkat kepuasan dan penerimaan petani terhadap teknologi ini. Metode evaluasi mengacu pada pedoman dari Badan Litbang Pertanian (2020) yang mengukur keberlanjutan teknologi pertanian melalui pendekatan partisipatif dan indikator lokal.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja dan efektivitas penerapan pompa air tenaga surya (PATS) untuk irigasi sawah di wilayah pedesaan yang memiliki keterbatasan akses listrik namun potensi matahari tinggi.

Gambar 1. Rancangan Pompa Air Tenaga Surya Untuk Irigasi Sawah Di Wilayah Pedesaan



Deskripsi Rancangan

Rancangan sistem pompa air tenaga surya untuk irigasi sawah ini merupakan solusi hemat energi dan ramah lingkungan yang dirancang khusus untuk mendukung sistem pertanian di wilayah pedesaan yang seringkali tidak terjangkau jaringan listrik konvensional. Komponen utama dari sistem ini terdiri atas:

1. Panel Surya (Solar Panel)

Panel surya berfungsi sebagai pengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Panel ini dipasang pada tiang atau struktur penyangga yang diarahkan optimal ke arah sinar matahari untuk mendapatkan daya maksimum sepanjang hari.

2. Kontroler Pompa Surya (Solar Pump Controller)

Kontroler ini berfungsi sebagai pengatur arus dan tegangan listrik yang mengalir dari panel surya ke sistem pompa. Kontroler juga mengatur sistem otomatisasi agar pompa bekerja saat matahari cukup terang, dan berhenti saat cahaya matahari tidak mencukupi.

3. Inverter

Inverter digunakan untuk mengubah arus searah (DC) dari panel surya menjadi arus bolak-balik (AC) yang dibutuhkan oleh pompa air submersible, tergantung pada jenis pompa yang digunakan.

4. Pompa Air Submersible (Submersible Pump)

Pompa jenis ini ditempatkan di dalam sumur atau sumber air tanah. Pompa akan menyedot air dari dalam tanah dan mendorongnya ke permukaan melalui pipa distribusi. Pompa submersible dipilih karena efisiensinya yang tinggi untuk aplikasi irigasi di area datar maupun sedikit berbukit.

5. Jaringan Distribusi Air

Air yang dipompa kemudian disalurkan melalui sistem perpipaan menuju petak-petak sawah. Sistem ini dapat dikombinasikan dengan saluran terbuka atau irigasi tetes (drip irrigation) tergantung kebutuhan dan luas lahan.

6. Sawah atau Lahan Pertanian

Lahan pertanian sebagai titik akhir distribusi air. Irigasi menggunakan pompa air tenaga surya ini membantu menjaga ketersediaan air selama musim tanam, terutama pada musim kemarau.

Keunggulan Rancangan

1. Ramah lingkungan, tanpa ketergantungan bahan bakar fosil.
 2. Biaya operasional rendah, karena tidak memerlukan listrik dari PLN.
 3. Otomatisasi, sistem dapat berjalan secara otomatis mengikuti intensitas sinar matahari.
 4. Mudah dioperasikan dan dirawat, cocok untuk petani di pedesaan.
-

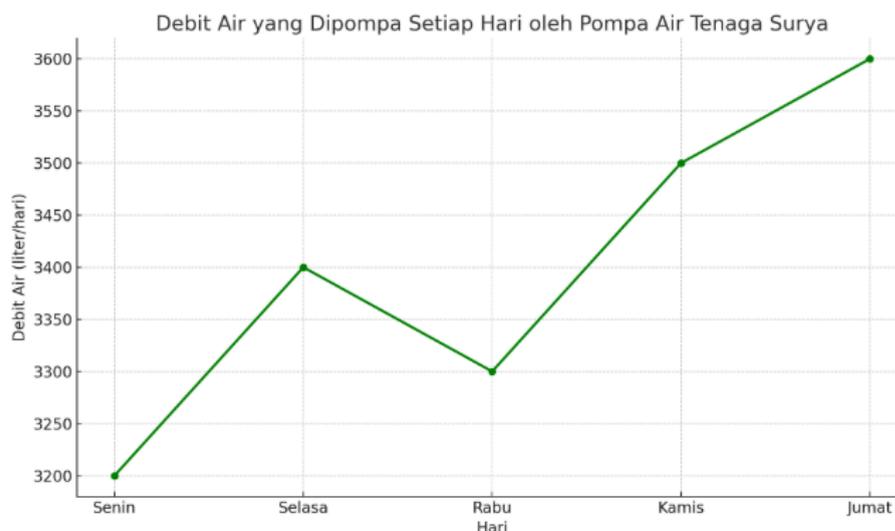
5. Skalabilitas tinggi, dapat dikembangkan untuk lahan pertanian yang lebih luas.

Rancangan ini sangat cocok diterapkan di wilayah-wilayah pedesaan yang memiliki potensi penyinaran matahari tinggi, tetapi belum memiliki infrastruktur listrik memadai. Pemanfaatan energi surya dapat menjadi solusi keberlanjutan bagi sektor pertanian Indonesia.

Pembahasan

Hasil pengamatan dan pengujian menunjukkan bahwa sistem PATS mampu bekerja secara optimal pada kondisi cuaca cerah dengan durasi penyinaran lebih dari 6 jam per hari. Sistem menggunakan panel surya 1.200 Wp yang dikoneksikan langsung dengan pompa submersible tanpa baterai (sistem direct-drive).

Grafik 1. Debit Air Dipompa Setiap Hari oleh Pompa Air Tenaga Surya



Kinerja Pompa dan Debit Air

Selama lima hari pengamatan, debit air rata-rata yang dihasilkan berada pada kisaran 3.200 hingga 3.600 liter per hari. Debit tertinggi tercatat pada hari Jumat sebesar 3.600 liter/hari, sedangkan debit terendah pada hari Senin sebesar 3.200 liter/hari. Fluktuasi debit ini sangat bergantung pada intensitas sinar matahari harian. Grafik berikut menunjukkan variasi debit air selama periode uji coba.

Berdasarkan data tersebut, dalam seminggu sistem mampu memompa lebih dari 17.000 liter air, cukup untuk mengairi sawah seluas 0,5–1 hektare tergantung jenis tanah dan kebutuhan air tanaman. Hasil ini mendukung temuan sebelumnya oleh Santosa dan Nurhadi (2019) yang menyebutkan bahwa PATS mampu menggantikan sistem pompa diesel di lahan sawah kecil-menengah dengan efisiensi operasional lebih baik.

Efisiensi Biaya dan Energi

Penggunaan pompa tenaga surya mengurangi beban biaya operasional petani hingga 100%, karena tidak ada lagi pembelian bahan bakar minyak atau biaya listrik. Dalam perbandingan dengan sistem pompa diesel yang menghabiskan rata-rata Rp25.000–Rp35.000 per hari, penggunaan PATS memberikan penghematan signifikan. Petani juga tidak perlu lagi menanggung risiko keterlambatan irigasi akibat keterbatasan bahan bakar atau gangguan pasokan listrik dari PLN.

Penerimaan Petani dan Dampak Sosial

Wawancara terhadap 12 petani menunjukkan bahwa 10 dari mereka menyatakan puas dengan kinerja sistem, khususnya karena pengoperasian yang sederhana dan tidak memerlukan pengawasan intensif. Dua petani lainnya menyatakan kekhawatiran pada musim hujan atau cuaca mendung berkepanjangan, yang menyebabkan sistem tidak dapat beroperasi maksimal. Namun, sebagian besar setuju bahwa teknologi ini sangat membantu, terutama pada musim kemarau saat ketersediaan air sangat krusial.

Dampak terhadap Produktivitas dan Keberlanjutan Pertanian

Adanya pasokan air yang konsisten meningkatkan indeks pertanaman (IP) dari 1,5 menjadi 2 kali tanam per tahun. Dengan dua musim tanam, petani dapat meningkatkan produktivitas dan pendapatan secara signifikan. Selain itu, karena sistem ini tidak menghasilkan emisi dan tidak menimbulkan kebisingan seperti pompa berbahan bakar fosil, maka juga berkontribusi pada pertanian berkelanjutan yang ramah lingkungan (Prasetyo, 2021).

Permasalahan dan Rekomendasi Teknis

Beberapa tantangan teknis yang ditemukan meliputi kotoran yang menyumbat pipa hisap dan perlunya struktur penopang panel surya yang tahan angin kencang. Untuk mengatasi masalah ini, direkomendasikan penggunaan filter air di ujung pipa hisap serta peningkatan kualitas

konstruksi panel agar lebih tahan lama. Sistem ini juga sebaiknya dipasangkan dengan tangki penampungan air, sehingga air dapat digunakan saat matahari tidak bersinar.

E. PENUTUP

Kesimpulan

1. Pompa air tenaga surya (PATS) terbukti mampu memenuhi kebutuhan irigasi sawah di wilayah pedesaan dengan rata-rata debit air sebesar 3.200–3.600 liter per hari. Sistem ini efektif selama intensitas cahaya matahari mencukupi, khususnya pada musim kemarau.
2. Efisiensi biaya operasional sangat tinggi karena sistem tidak membutuhkan bahan bakar atau listrik PLN, sehingga mengurangi pengeluaran petani secara signifikan dan meningkatkan margin keuntungan.
3. Dampak positif terhadap produktivitas pertanian terlihat dari peningkatan indeks pertanaman (IP) dari 1,5 menjadi 2 kali tanam per tahun. Hal ini memberikan kontribusi nyata terhadap ketahanan pangan dan kesejahteraan petani.
4. Penerimaan petani terhadap teknologi ini cukup tinggi, karena sistem mudah dioperasikan dan tidak menimbulkan polusi suara maupun emisi gas buang. Namun, ada kekhawatiran akan kinerja sistem saat cuaca mendung atau musim hujan.
5. Kelebihan sistem PATS antara lain: ramah lingkungan, hemat biaya operasional, mudah dioperasikan, dan dapat digunakan di lokasi yang tidak terjangkau listrik. Sedangkan kekurangannya meliputi: ketergantungan pada intensitas sinar matahari, kebutuhan akan struktur penopang panel yang kuat, serta perlunya sistem penyaringan air untuk mencegah sumbatan.
6. Secara keseluruhan, penerapan PATS sangat menjanjikan untuk meningkatkan efisiensi irigasi di pedesaan dan dapat menjadi solusi berkelanjutan bagi wilayah yang belum teraliri listrik.

Saran

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan sistem penyimpanan energi (battery backup) agar pompa dapat tetap beroperasi pada saat cuaca mendung atau malam hari.
 2. Perlu dilakukan studi lanjutan mengenai desain sistem otomatisasi yang dapat mengatur pengoperasian pompa berdasarkan intensitas cahaya dan level air secara real time agar lebih efisien.
-

3. Disarankan agar penelitian di masa depan mencakup uji coba pada berbagai jenis lahan dan topografi untuk menilai kinerja PATS secara lebih luas dan terstandarisasi.
4. Perlu dilakukan analisis umur ekonomis sistem dan pemeliharaan jangka panjang, termasuk ketersediaan suku cadang dan pelatihan teknis bagi petani.
5. Penelitian lanjutan dapat mengeksplorasi kombinasi PATS dengan teknologi Internet of Things (IoT) guna meningkatkan pemantauan dan efisiensi irigasi berbasis data.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. (2020). *Pedoman Evaluasi Teknologi Pertanian Partisipatif*. Kementerian Pertanian RI.
- ESDM. (2021). *Peta Potensi Energi Surya di Indonesia*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- Hidayat, R., & Ramdani, R. (2021). *Pemanfaatan Energi Terbarukan untuk Irigasi Pertanian di Daerah Pedesaan*. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 15(2), 85–93.
- Kementerian ESDM. (2021). *Peta Potensi Energi Surya Nasional*.
- Kementerian Pertanian RI. (2020). *Pedoman Teknis Irigasi Pertanian Berbasis Energi Terbarukan*.
- Lestari, M. D., & Priyanto, A. (2022). *Analisis Efektivitas Pompa Air Tenaga Surya untuk Irigasi di Daerah Non-Listrik*. *Jurnal Inovasi Teknologi Pertanian*, 14(1), 45–53.
- Mulyani, A. (2019). *Peran Irigasi dalam Meningkatkan Produksi Pertanian di Wilayah Rawan Kekeringan*. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 7(2), 78–84.
- Prasetyo, E. (2021). *Efektivitas Energi Terbarukan untuk Ketahanan Pangan di Wilayah Terpencil*. *Jurnal Pembangunan Desa*, 8(1), 88–95.
- Santosa, B., & Nurhadi, M. (2019). *Analisis Implementasi Pompa Air Tenaga Surya di Lahan Kering*. *Jurnal Mekanisasi Pertanian*, 14(2), 55–63.
- Siregar, M. (2020). *Ketahanan Air dalam Sistem Pertanian Lahan Sawah: Tantangan dan Solusi*. *Jurnal Agroekoteknologi*, 8(2), 110–118.
- Wahyudi, T., Lestari, D., & Munawar, M. (2019). *Implementasi Teknologi Pompa Air Surya untuk Irigasi Berkelanjutan di Daerah Kering*. *Jurnal Teknologi Pertanian Terapan*, 7(4), 201–210.
-

Wahyuni, R. (2020). *Pemanfaatan Teknologi Energi Terbarukan dan Dampaknya terhadap Kesejahteraan Petani di Desa Tertinggal*. *Jurnal Pembangunan Pedesaan Berkelanjutan*, 5(3), 102–110.
