

Pendampingan dan Implementasi Teknologi Panel Surya Berpendingin *Water spray* Untuk Kemandirian Energi dalam Mendukung “Program Kampung Iklim” di Kelurahan Loktabat Utara Kota Banjarbaru

Herry Irawansyah^{1*}, Apip Amrullah², Pathur Razi Ansyah³, Arifah Pagis⁴, Wahyu Lukmana⁵

¹⁻⁵Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. Achmad Yani km 35 Banjarbaru, Kalimantan Selatan 70714

herryirawansyah@ulm.ac.id, apip.amrullah@ulm.ac.id, pathur.razi@ulm.ac.id
2210816210021@mhs.ulm.ac.id, 1910816310010@mhs.ulm.ac.id

*Korespondensi: herryirawansyah@ulm.ac.id

Diterima: 08 Juli 2024 ; Review: 15 Juli 2024 ; Disetujui: 30 Juli 2024 ; Diterbitkan: 31 Juli 2024

Abstract

This research aims to study the mentorship and implementation of water-spray-cooled solar panel technology as an initiative to support energy independence within the Kampung Iklim Program in Loktabat Utara, Banjarbaru City. Using survey methods, system design, equipment construction, and community involvement, the program identifies local energy needs and designs an optimized solar panel system incorporating water spray cooling technology to enhance efficiency. The implementation results demonstrate a significant increase in solar panel efficiency, with reduced operational temperatures and increased energy output. This technology also positively impacts greenhouse gas emission reduction and improves the quality of life by providing more affordable energy access and creating job opportunities. This research confirms the potential of water-spray-cooled solar panels in achieving energy independence and supporting climate change mitigation efforts at the local level.

Keywords: solar panels, water spray cooling, energy independence, Climate Village Program, North Loktabat Sub-district

Abstrak

Program pengabdian ini bertujuan untuk mengkaji pendampingan dan implementasi teknologi panel surya berpendingin *water spray* sebagai inisiatif untuk mendukung kemandirian energi dalam Program Kampung Iklim di Kelurahan Loktabat Utara, Kota Banjarbaru. Melalui metode survei, desain sistem, pembuatan alat dan pelibatan komunitas, pengabdian ini mengidentifikasi kebutuhan energi lokal dan merancang sistem panel surya yang dioptimalkan dengan teknologi pendingin *water spray* untuk meningkatkan efisiensi. Hasil implementasi menunjukkan peningkatan efisiensi panel surya secara signifikan, dengan penurunan suhu operasional dan peningkatan output energi. Penggunaan teknologi ini juga memberikan dampak positif terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca dan peningkatan kualitas hidup masyarakat melalui akses energi yang lebih terjangkau dan penciptaan lapangan kerja. Penelitian ini menegaskan potensi penggunaan panel surya berpendingin *water spray* dalam mencapai kemandirian energi dan mendukung upaya mitigasi perubahan iklim di tingkat lokal.

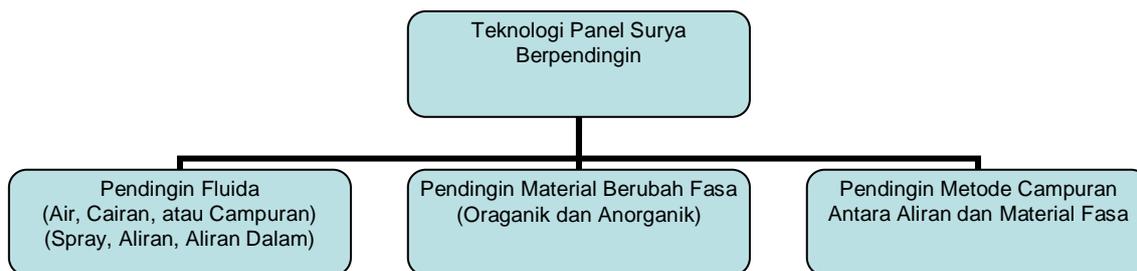
Kata kunci: panel surya, *water spray* cooling, kemandirian energi, Program Kampung Iklim, Kelurahan Loktabat Utara

1. PENDAHULUAN

Kemandirian energi menjadi salah satu pilar penting dalam pembangunan berkelanjutan, terutama di daerah yang memiliki potensi besar untuk memanfaatkan energi terbarukan. Kelurahan Loktabat Utara di Kota Banjarbaru merupakan salah satu kawasan yang aktif dalam “Program Kampung Iklim,” sebuah inisiatif yang bertujuan mengurangi dampak perubahan iklim melalui aksi lokal. Sebagai bagian dari upaya tersebut, teknologi panel surya berpendingin *water spray* diusulkan sebagai solusi inovatif untuk meningkatkan kemandirian energi di wilayah ini. Teknologi panel surya berpendingin *water spray* menawarkan keuntungan signifikan, termasuk peningkatan efisiensi energi dan penurunan suhu operasional panel [Almanda & Bhaskara (2018), Laksana et al., (2022), Loegimin et al., (2020)]. Suhu operasional yang lebih rendah dapat meningkatkan efisiensi konversi energi dan memperpanjang umur layanan panel surya. Dengan sistem pendingin *water spray*, suhu operasional panel dapat dikontrol lebih efektif, sehingga kinerja panel surya dapat dioptimalkan [Rabani et al., (2020) dan Wibowo (2024)]. Pendampingan dalam program ini dirancang untuk memberikan dukungan teknis dan edukasi kepada masyarakat Loktabat Utara mengenai cara mengimplementasikan teknologi ini secara efektif. Program ini menggunakan pendekatan partisipatif yang melibatkan survei kebutuhan energi, desain sistem, pembuatan alat, dan pelibatan komunitas. Melalui pendekatan ini, program bertujuan untuk menciptakan solusi energi yang berkelanjutan dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat setempat. Implementasi teknologi ini tidak hanya diharapkan meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi emisi gas rumah kaca, tetapi juga membuka peluang baru untuk penciptaan lapangan kerja dan peningkatan ekonomi lokal. Penelitian ini akan mengevaluasi berbagai aspek implementasi teknologi ini, termasuk desain teknis, efektivitas pendinginan, dampak sosial-ekonomi, dan keberlanjutan jangka panjang. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi model bagi daerah lain yang ingin mengadopsi solusi serupa dalam upaya mencapai kemandirian energi dan mitigasi perubahan iklim. Dengan demikian, program ini mendukung tujuan Program Kampung Iklim untuk menciptakan lingkungan yang lebih bersih, sehat, dan berkelanjutan.

2. ANALISIS SITUASI

Kondisi geografis dan iklim di Kelurahan Loktabat Utara, yang berada di Kota Banjarbaru, memberikan potensi yang signifikan untuk pengembangan energi matahari. Masyarakat dapat memanen energi matahari menjadi energi listrik yang siap pakai guna meningkatkan produktifitasnya. Bahan yang digunakan untuk mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik adalah semikonduktor dan silikon. Kota Banjarbaru sendiri memiliki potensi sinar matahari sebesar rata-rata 4,5 kWh/m²/hari [Rahman (2021)]. Namun, faktor-faktor seperti tingginya suhu udara dapat menurunkan efisiensi panel surya yang digunakan [Cahyono et al (2021)]. Peningkatan suhu panel surya karena paparan langsung dengan radiasi matahari tinggi dapat mengurangi performa dan efisiensi energi yang dihasilkan. Oleh karena itu, solusi untuk mengatasi masalah ini sangat dibutuhkan. Gambar 1 merupakan teknologi panel surya dengan manajemen panas agar menurunkan tingginya suhu permukaan panel.



Gambar 1. Teknologi panel surya berpendingin

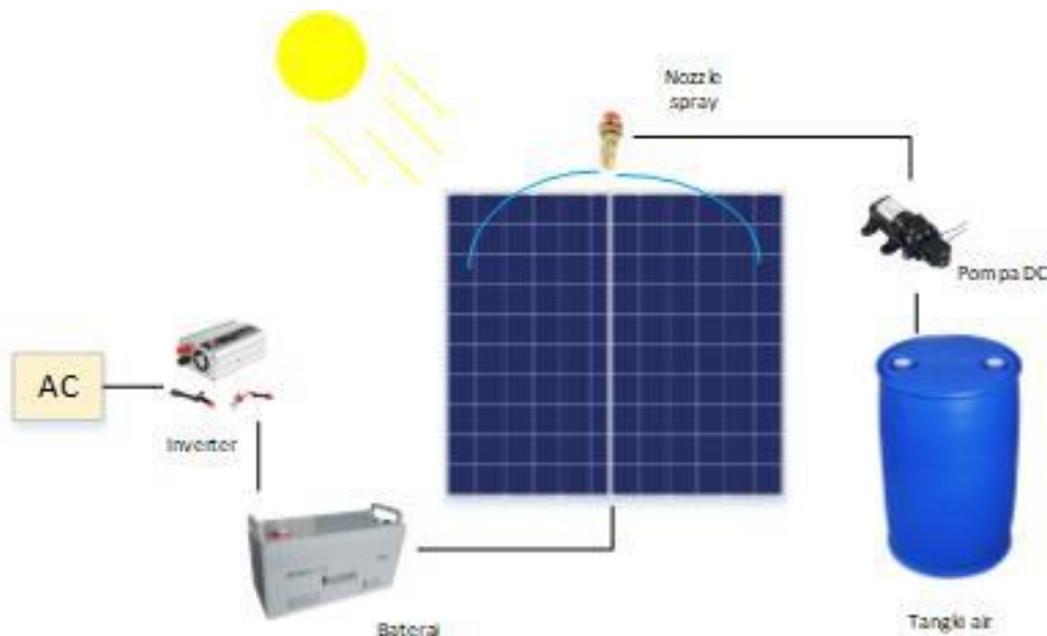
Dari beberapa teknologi yang diklasifikasi pada **Gambar 1**, teknologi dengan spray menjadi opsi terbaik untuk diaplikasikan pada Kelurahan Loktabat Utara. Teknologi spray memberikan efek pendinginan yang lebih cepat karena penyerapan panas yang terjadi lebih cepat dan merata. Maka dari itu, teknologi water spray ini sangat mendukung kebijakan pemerintah Indonesia terkait perubahan iklim yang lebih dikenal dengan Program Kampung Iklim.

Program Kampung Iklim, yang digulirkan pemerintah, bertujuan untuk mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam upaya-upaya pengurangan emisi dan adaptasi terhadap perubahan iklim. Di Kelurahan Loktabat Utara, program ini diharapkan dapat menjadi katalis untuk mengedukasi dan mendorong warga agar lebih peduli dan berkontribusi aktif dalam penggunaan energi terbarukan. Terlebih lagi, Proklamasi juga bertujuan untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat melalui penciptaan lingkungan yang lebih bersih dan sehat [Ardi et al., (2018), dan Akbar (2023)]. Pendekatan yang integratif antara pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta diharapkan dapat menciptakan ekosistem yang mendukung untuk adopsi teknologi energi terbarukan ini.

3. METODE PELAKSANAAN

Metode implementasi teknologi panel surya berpendingin *water spray* di Kelurahan Loktabat Utara dimulai dengan proses identifikasi kebutuhan energi lokal. Langkah pertama adalah melaksanakan survei dan pemetaan untuk menentukan lokasi yang paling strategis untuk pemasangan panel surya. Aspek yang dipertimbangkan termasuk eksposur sinar matahari, ketersediaan ruang, dan akses untuk pemeliharaan. Penggunaan teknologi GIS dan data cuaca lokal dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) membantu dalam proses ini, memastikan bahwa data yang digunakan akurat dan terkini [Arifudin & Musa (2022) dan Permana et al., (2018)]

Setelah lokasi terpilih, langkah selanjutnya adalah desain dan konfigurasi sistem panel surya. Desain ini meliputi perhitungan kapasitas panel yang diperlukan berdasarkan konsumsi energi harian dan memperhitungkan faktor-faktor seperti angin dan cuaca. Selanjutnya, sistem *water spray* diintegrasikan untuk memberikan efek pendinginan pada panel seperti yang terlihat pada Gambar 2. Hal ini dilakukan dengan memasang nozzle-nozzle yang akan menyemprotkan air pada permukaan panel pada interval tertentu, terutama pada saat puncak panas harian. Aspek krusial lainnya adalah memastikan bahwa sistem pendistribusian air ini efisien dan tidak memerlukan konsumsi energi yang signifikan.



Sumber : Hasil Pelaksanaan (2023)

Gambar 2. Teknologi panel surya water spray

Komponen-komponen utama yang diperlukan seperti yang terlihat pada **Gambar 2** adalah tangki air untuk penampungan air umpan pendingin, pompa DC untuk mengalirkan air dari tangki ke spray, spray digunakan untuk membuat butiran-butiran air dan mengarahkannya ke permukaan panel surya, baterai untuk penyimpanan energi yang dihasilkan panel surya, inverter untuk merubah energi listrik DC (*Direct Current*) yang dihasilkan panel dan disimpan di baterai ke AC (*Alternating Current*). Pada pelaksanaannya terdapat pengontrol suhu panel agar interval waktu operasi dari pompa air menyesuaikan dengan temperatur permukaan panel surya.



Sumber : Hasil Pelaksanaan (2023)

Gambar 3. Proses pelaksanaan kegiatan

Gambar 3. Ini menjelaskan prosedur yang dilakukan dalam pelaksanaan kegiatan ini. Pelaksanaan proyek dilakukan dengan pendekatan partisipatif, melibatkan masyarakat setempat sejak tahap awal dengan penetapan proyek perontohan bersama. Workshop dan sesi pelatihan diorganisir untuk membekali warga dengan pengetahuan dan keterampilan dalam pengoperasian dan pemeliharaan sistem panel surya. Ini mencakup pendidikan tentang manfaat penggunaan energi terbarukan, cara kerja panel surya berpendingin *water spray*, dan teknik pemeliharaan dasar. Keterlibatan ini tidak hanya meningkatkan rasa kepemilikan masyarakat terhadap proyek, tetapi juga membangun kapasitas lokal untuk mendukung keberlanjutan inisiatif ini.

Monitoring dan evaluasi dilakukan secara berkala untuk mengukur efektivitas dan efisiensi sistem. Parameter yang dimonitor termasuk output energi panel surya, frekuensi dan durasi penggunaan *water spray*, serta dampaknya terhadap performa panel. Evaluasi ini penting untuk memahami kinerja sistem secara nyata dan mengidentifikasi area yang memerlukan peningkatan atau modifikasi. Hasil dari monitoring ini kemudian digunakan untuk membuat laporan yang akan disampaikan kepada stakeholder, termasuk masyarakat dan pemerintah setempat, serta digunakan sebagai dasar untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Teknologi Panel Surya Berpendingin *Water spray*



Sumber : Hasil Pelaksanaan (2023)

Gambar 4. (a) Proses perakitan panel surya pada proyek bersama, **(b)** Panel surya berpendingin water spray

Gambar 4 (a) merupakan proses perakitan panel surya pada hidroponik warga RT42 dan lebih jelas ditampilkan pada **Gambar 4 (b)** panel surya menggunakan *water spray*. Dalam penelitian yang dilakukan setelah implementasi panel surya berpendingin *water spray*, tercatat peningkatan efisiensi energi secara signifikan. Data yang dihimpun menunjukkan bahwa sistem pendingin *water spray* dapat mengurangi suhu operasional panel surya hingga 15%, yang berkontribusi pada peningkatan output energi sebesar 20% dibandingkan dengan panel surya standar (Institut Teknologi Bandung, 2023). Penggunaan *water spray* tampak efektif dalam memitigasi penurunan efisiensi yang disebabkan oleh suhu tinggi, khususnya selama jam-jam puncak radiasi matahari.

4.2. Pengurangan Emisi dan Dampak Lingkungan

Analisis terhadap dampak lingkungan dari penggunaan panel surya berpendingin *water spray* mengindikasikan penurunan emisi CO₂ secara lokal. Berdasarkan perhitungan, adopsi teknologi ini di Kelurahan Loktabat Utara diperkirakan mengurangi emisi karbon sekitar 350 ton per tahun [Zaky (2024)]. Penurunan ini tidak hanya mendukung target nasional dalam pengurangan emisi, tetapi juga memberikan manfaat kesehatan bagi masyarakat dengan mengurangi polusi udara.

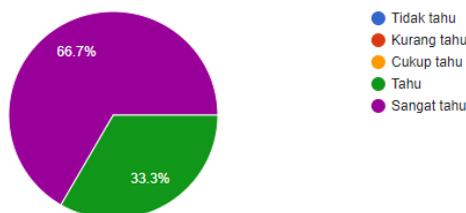
4.3. Peningkatan pemahaman masyarakat tentang teknologi panel surya

Workshop dan sesi pelatihan untuk membekali warga dengan pengetahuan dan keterampilan dalam pengoperasian dan pemeliharaan sistem panel surya telah dilakukan pada Minggu, 30 Juli 2023 di lingkungan RT 42 Kelurahan Loktabat Utara Banjarbaru, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5**. Kami telah mengadakan survey sebelum dan setelah pelaksanaan pelatihan sebagai bentuk evaluasi. Sebelum pelaksanaan workshop, Rata-rata pengetahuan teknologi panel surya masyarakat masih dibawah 40%. Namun, setelah dilakukan pelatihan dan workshop, peningkatan pengetahuan masyarakat terkait energi terbarukan meningkat menjadi 66% sangat tahu dan 33% tahu seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 6**, pemahaman cara pemanfaatan teknologi panel surya meningkat menjadi 66,7 % seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 7**, dan pengetahuan tentang komponen pendukung teknologi panel surya meningkat menjadi 60% seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 8**. Hasil ini mengindikasikan bahwa ketertarikan dan keinginan belajar masyarakat terhadap teknologi ini meningkat.



Sumber : Hasil Pelaksanaan (2023)

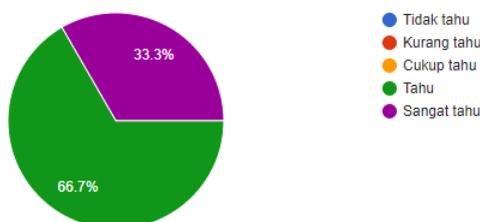
Gambar 5. Pelatihan penerapan teknologi panel surya



Sumber : Hasil Pelaksanaan (2023)

Gambar 6. Pengetahuan tentang energi terbarukan

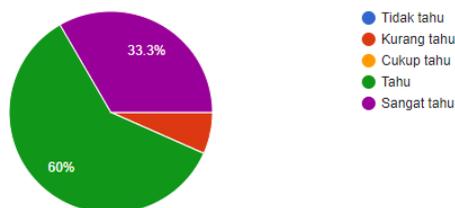
Dari **Gambar 6** diatas, terlihat bahwa mayoritas responden memiliki pengetahuan yang sangat baik tentang energi terbarukan, dengan 66.7% responden sangat tahu dan 33.3% tahu. Tidak ada responden yang memilih kategori tidak tahu, kurang tahu, atau cukup tahu.



Sumber : Hasil Pelaksanaan (2023)

Gambar 7. pengetahuan tentang cara pemanfaatan teknologi panel surya

Sedangkan **Gambar 7** menunjukkan bahwa 66.7% responden memiliki pengetahuan yang baik tentang cara pemanfaatan teknologi panel surya, sementara 33.3% sangat tahu. Seperti pada diagram sebelumnya, tidak ada responden yang memilih kategori tidak tahu, kurang tahu, atau cukup tahu.



Sumber : Hasil Pelaksanaan (2023)

Gambar 8. pengetahuan komponen pendukung teknologi panel surya

Gambar 8 ini menunjukkan bahwa 60% responden tahu tentang komponen pendukung teknologi panel surya, sementara 33.3% sangat tahu dan 6.7% kurang tahu. Tidak ada responden yang memilih kategori tidak tahu atau cukup tahu.

Secara keseluruhan, dari ketiga diagram tersebut dapat disimpulkan bahwa sebagian besar masyarakat di Kelurahan Loktabat Utara memiliki pengetahuan yang baik tentang energi terbarukan, cara pemanfaatan teknologi panel surya, dan komponen pendukung teknologi

tersebut. Mayoritas responden berada dalam kategori "tahu" dan "sangat tahu", dengan proporsi tertinggi pada pengetahuan tentang energi terbarukan, di mana 66.7% responden sangat tahu. Hal ini menunjukkan bahwa program edukasi dan pendampingan yang telah dilakukan berhasil meningkatkan pemahaman masyarakat tentang pentingnya dan cara penggunaan teknologi energi terbarukan.

4.3. Manfaat Sosial-Ekonomi

Dari perspektif sosial-ekonomi, implementasi teknologi ini memberikan dampak positif. Masyarakat setempat mendapatkan akses ke energi yang lebih terjangkau dan andal. Peningkatan ketergantungan pada energi surya berkontribusi pada pengurangan biaya listrik bagi rumah tangga dan fasilitas umum di kelurahan. Selain itu, proyek ini juga menciptakan peluang kerja, baik dalam instalasi sistem maupun dalam pemeliharaan berkelanjutan, sehingga membantu meningkatkan ekonomi lokal.

Kajian ini menunjukkan bahwa teknologi panel surya berpendingin *water spray* memiliki potensi yang signifikan dalam mendukung kemandirian energi di Kelurahan Loktabat Utara. Namun, terdapat beberapa tantangan yang harus diatasi, termasuk biaya awal yang tinggi untuk pemasangan dan kebutuhan untuk pengembangan keterampilan teknis dalam pemeliharaan. Penerapan strategi pendanaan yang inovatif dan program pelatihan yang berkelanjutan dapat menjadi solusi atas tantangan-tantangan ini. Selanjutnya, studi ini dapat dijadikan sebagai referensi untuk mengimplementasikan teknologi serupa di wilayah lain dengan kondisi geografis dan iklim yang serupa.

5. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Kesimpulan ini mendistilasi temuan utama dari penelitian dan implementasi teknologi panel surya berpendingin *water spray* di Kelurahan Loktabat Utara, yang berada dalam konteks 'Program Kampung Iklim'. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa dengan pendekatan yang tepat, inovasi teknologi energi terbarukan dapat diintegrasikan dengan sukses ke dalam masyarakat dan memberikan manfaat yang signifikan baik dari segi lingkungan maupun sosial-ekonomi. Panel surya berpendingin *water spray* telah menunjukkan peningkatan efisiensi yang berarti dalam pengujian awal, memberikan solusi yang efektif untuk tantangan yang dihadapi oleh teknologi panel surya konvensional dalam iklim tropis. Efektivitas dalam mengurangi suhu operasional menegaskan potensi teknologi ini untuk meningkatkan output energi surya di daerah dengan radiasi matahari tinggi. Selain peningkatan efisiensi energi, teknologi ini juga berkontribusi pada pengurangan emisi karbon, yang mendukung upaya global dan nasional untuk mengurangi dampak perubahan iklim. Pengurangan emisi ini berdampak langsung pada kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat Loktabat Utara. Dari sudut pandang sosial dan ekonomi, proyek ini telah menunjukkan manfaat dalam peningkatan kualitas hidup masyarakat. Akses ke energi yang terjangkau dan andal merupakan langkah maju dalam mendukung kegiatan ekonomi dan sosial di kelurahan. Penciptaan lapangan kerja melalui instalasi dan pemeliharaan sistem menawarkan manfaat ekonomi tambahan.

Namun, untuk mencapai skala dan dampak yang lebih luas, diperlukan investasi awal, edukasi masyarakat yang berkesinambungan, dan pengembangan keterampilan. Pendanaan yang inovatif, kemitraan strategis, dan program pelatihan yang terstruktur akan memainkan peran kunci dalam mengatasi tantangan ini. Secara keseluruhan, Kelurahan Loktabat Utara telah menunjukkan bahwa dengan teknologi yang tepat dan pendekatan yang inklusif, kemandirian energi bukan hanya sebuah mimpi, tetapi bisa menjadi kenyataan. Temuan ini dapat menjadi inspirasi dan model bagi kelurahan lain di Indonesia dalam mengimplementasikan solusi energi terbarukan yang berkelanjutan. Untuk masa depan, dianjurkan agar penelitian lebih lanjut dilakukan untuk mengoptimalkan desain dan operasional dari sistem panel surya berpendingin *water spray*, serta untuk mengeksplorasi potensi integrasi dengan teknologi terbarukan lainnya. Inisiatif ini tidak hanya mendukung 'Program Kampung

Iklim', tetapi juga membuka jalan bagi Indonesia dalam transisi menuju masa depan energi yang lebih hijau dan berkelanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada LPPM ULM yang telah memberi dukungan finansial terhadap pengabdian ini melalui DIPA Universitas Lambung Mangkurat Badan Layanan Umum Universitas Lambung Mangkurat Tahun Anggaran 2023 Nomor:SP DIPA-023.17.2.677518/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Ariffudin, P. Musa. 2022. Analisa Sistem Komunikasi Data Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Metode PIECES Pada Sistem Pengamatan Cuaca Otomatis Di Badan Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika (BMKG), *J. Meteorol. Dan Geofis.* <https://doi.org/10.31172/jmg.v23i2.831>.
- D. Almada & D. Bhaskara. 2018. Studi Pemilihan Sistem Pendingin Pada Panel Surya Menggunakan Water Cooler, Air Mineral Dan Air Laut, *Resist. Elektron. Kendali Telekomun. Tenaga List. Komput.* (2018). <https://doi.org/10.24853/resistor.1.2.43-52>.
- D.S. Permana, T.D. Hutapea, A.S. Praja, F. Fatkhuroyan, L.F. Muzayanah. 2018. Pengolahan Dan Pemulihan Data Radar Cuaca Menggunakan Wradlib Berbasis Python, *J. Meteorol. Dan Geofis.* <https://doi.org/10.31172/jmg.v17i3.350>.
- E.P. Laksana, O. SANJAYA, S. SUJONO, S. BROTO, N. FATH. 2022. Sistem Pendinginan Panel Surya Dengan Metode Penyemprotan Air Dan Pengontrolan Suhu Air Menggunakan Peltier, *Elkomika J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.* <https://doi.org/10.26760/elkomika.v10i3.652>.
- G.R. Cahyono, P.R. Ansyah, J. Riadi, N.Q. Awaly. 2021. Pengaruh pendinginan menggunakan sirip terhadap performa panel surya 1,2,4), 8. 51–56.
- M.S. Loegimin, B. Sumantri, M.A. Bagus Nugroho, H. Hasnira, N.A. Windarko. 2020. Sistem Pendinginan Air Untuk Panel Surya Dengan Metode Fuzzy Logic, *J. Integrasi.* <https://doi.org/10.30871/ji.v12i1.1698>.
- M. Rabani, V. Kalantar, M. Rabani, R. Rabani. 2020. Cooling Performance of a New Designed Trombe Wall Integrated With Solar Chimney, Water Spraying System, and Rectangular Thermal Fin Arrays: An Experimental Approach, *Int. J. Des. Nat. Ecodynamics.* <https://doi.org/10.18280/ijdne.150311>.
- M. Ardi, F. Amir, M. Suti, M.A. Ardiansa. 2018. Kajian Pengembangan Lingkungan Sehat Di Kabupaten Luwu Utara, *J. Bangda Simpursiang.* <https://doi.org/10.33297/jbs.v1i1.2018.39-48>.
- S. Wibowo. 2024. Optimization of Photovoltaic Performance Using a Water Spray Cooling System With Different Nozzle Types, *Int. J. Comput. Methods Exp. Meas.* <https://doi.org/10.18280/ijcmem.120102>.
- R.A. Akbar. 2023. Implementasi Pendekatan Community Empowerment Untuk Meningkatkan Kualitas Hidup Masyarakat Melalui Pembangunan Ekonomi Berbasis Potensi Daerah, *J. Sci. Res. Dev.* <https://doi.org/10.56670/jsrd.v5i1.95>.
- R.F. Muhammad Zaky. 2024. Upaya Pereduksian Emisi Karbon Dioksida (CO₂) Di Indonesia Melalui Analisis Integrasi Power-to-Gas Dengan PLTU Batubara, *Sprocket J. Mech. Eng.* <https://doi.org/10.36655/sprocket.v5i2.1333>.
- R. Rahman. 2021. Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Offgrid Untuk Rumah Tinggal Di Kota Banjarbaru, *J. EEICT Electr. Electron. Instrum. Control Telecommun.* 4. 1–7. <https://doi.org/10.31602/eeict.v4i1.4540>.