

PENGUJIAN SISTEM PENDINGIN PANEL SURYA BERBENTUK *TUBULAR COOLER* DENGAN *SOLAR SIMULATOR* UNTUK MENGUJI DAYA KELUARAN PANEL SURYA

¹Gaguk Marausna

Program Studi Teknik Dirgantara, Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan

Abstrak

Energi listrik menjadi kebutuhan utama untuk menjalankan segala unit kegiatan bisnis termasuk layanan bandara pesawat terbang. Meningkatnya kebutuhan listrik pada berbagai sektor mendorong kebijakan penerapan energi terbarukan sehingga mengurangi ketergantungan pada energi fosil. Energi terbarukan salah satunya adalah energi yang bersumber dari penggunaan panel surya untuk mengkonversi radiasi solar menjadi energi listrik. Kinerja dan masa pakai panel surya bergantung pada faktor temperatur. Temperatur yang tinggi selama panel surya bekerja akan menyebabkan penurunan kinerja dan memperpendek masa pemakaian. Sistem pendingin dibutuhkan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Dalam penelitian ini dirancang sebuah sistem pendingin yang memanfaatkan fluida berupa air. Bentuk channel yang dipilih adalah tubular cooler dengan pengujian aliran 1.8 liter per menit dalam kondisi ruangan memanfaatkan solar simulator dengan radiasi solar 581 W/m². Pengujian menunjukkan terjadi penurunan temperatur bagian atas panel surya sebesar 6 °C dan kestabilan daya keluaran panel surya dibandingkan panel surya yang tidak dilengkapi dengan sistem pendingin.

Kata kunci: energi, fotovoltaik, listrik, pendinginan.

Abstract

Electrical energy is the main requirement to run all business activity units, including airport services. The increasing demand for electricity in various sectors encourages the implementation of renewable energy policies so as to reduce dependence on fossil energy. One of the renewable energy sources is energy that comes from the use of solar panels to convert solar radiation into electrical energy. The performance and lifetime of solar panels depends on the temperature factor. High temperatures while the solar panel is working will cause a decrease in performance and shorten its lifetime. A cooling system is needed to overcome these problems. In this study, a cooling system was developed that makes use of a fluid in the form of water. The shape of the channel chosen is a tubular cooler with a flow test of 1.8 liters per minute in room conditions using a solar simulator with solar radiation of 581 W/m². The test shows that there is a decrease in the temperature of the top of the solar panel by 6 °C and in the stability of the solar panel's output power, compared to solar panels that are not equipped with a cooling system.

Keywords: cooling, electricity, energy, photovoltaic.

Pendahuluan

Pada masa sekarang, berbagai perangkat untuk menunjang kebutuhan manusia menggunakan sumber energi listrik untuk dapat beroperasi. Hal ini tentu saja menjadi faktor yang menyebabkan meningkatnya kebutuhan listrik di berbagai kalangan baik industri maupun perorangan. Diperlukan sumber energi alternatif yang dapat menyediakan sumber energi listrik sehingga akan menurunkan permintaan akan sumber energi listrik yang berasal dari energi fosil (Sugiyono, 2011). Sumber energi alternatif ini diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan energi yang tidak terbarukan. Akibat menipisnya cadangan minyak bumi dan keterbatasan energi yang tidak terbarukan, terjadi kenaikan listrik setiap tahun (Jatmiko *et al*, 2011). Tren penggunaan energi terbarukan pada saat ini menjadi sebuah tren positif dalam pengurangan kadar karbon di udara. Isu lingkungan akibat penggunaan sumber energi fosil memberikan kesadaran masyarakat modern untuk turut serta dalam mengatasinya. Energi terbarukan menjadi solusi untuk mengurangi ketergantungan manusia terhadap penggunaan energi fosil. Energi terbarukan hadir dalam berbagai bentuk seperti tenaga angin, tenaga air, biomassa, energi panas bumi, dan energi surya.

¹Email Address : gaguk.marausna@sttkd.ac.id

Received 15 Februari 2021, Available Online 30 Juli 2021

Ada berbagai teknologi yang digunakan untuk memanfaatkan energi surya seperti pembangkit listrik tenaga termal surya, pemanas air, alat masak, pemanas ruangan, sumber pencahayaan gedung. Panel surya merupakan teknologi yang memanfaatkan energi surya untuk dikonversi menjadi energi listrik. Teknologi panel surya dapat digunakan untuk menghasilkan listrik dalam skala kecil 20 W hingga skala besar lebih dari 1 GW. Pada industri dengan mobilitas yang tinggi seperti penerbangan dengan jadwal penerbangan yang padat, kebutuhan energi listrik untuk mendukung operasional bandara turut mengalami peningkatan. Beberapa bandara sudah menerapkan strategi dengan memanfaatkan energi surya sebagai sumber energi listrik untuk operasional bandara. Energi surya menjadi sumber energi yang dapat dimanfaatkan namun dengan penggunaan perangkat konversi energi. Panel surya merupakan peralatan yang dapat mengkonversikan intensitas cahaya matahari menjadi energi listrik. Panel surya yang memiliki nama lain adalah fotovoltaiik (PV) sangat tepat untuk digunakan sebagai penghasil energi listrik pada daerah yang berada di garis khatulistiwa dikarenakan melimpahnya sinar matahari (Loegimin *et al.*, 2020).

Pemasangan panel surya di bandara dapat diaplikasikan pada *rooftop* dan area di sekitar *runaway*. Cochin International Airport (CIAL) di India merupakan bandara pertama di dunia yang menggunakan panel surya. Bandara di dunia lain yang turut menggunakan panel surya adalah Gautam Buddha International Airport, Antigua International Airport, Tampa International Airport, San Diego International Airport, Minneapolis-St. Paul International Airport (Solar Feeds, 2019). Dubai International airport memasang 15 ribu panel surya yang membatasi *carbon footprint* sambil memangkas biaya operasional dan mendukung visi jangka panjang untuk target di industri penerbangan yaitu bebas karbon (Frangoul, 2019).

Energi panas yang dihasilkan oleh cahaya matahari akan mempengaruhi kinerja keluaran dari panel surya. Besarnya daya keluaran yang dihasilkan relatif tidak konstan karena dipengaruhi oleh besarnya intensitas matahari serta temperatur lingkungan di sekitarnya (Almanda, D. dan Bhaskara D., 2018). Sistem pendinginan panel surya merupakan solusi untuk menstabilkan temperatur pada permukaan bawah panel surya agar panel surya dapat beroperasi pada kondisi temperatur ideal (Al-Nimr, M.A. dan Mugdadi, B., 2020). Studi lebih lanjut terhadap sistem pendingin panel surya dibutuhkan untuk meningkatkan efisiensi dari panel surya sehingga listrik yang dihasilkan dapat meningkat. Hal ini akan turut berdampak pada besarnya pemangkasan biaya operasional yang nanti akan diterima oleh pengelola bandara yang menerapkan sistem pembangkit listrik tenaga surya.

Tinjauan Pustaka

Teknik pendinginan menjadi hal penting guna meningkatkan efisiensi panel surya dan memperpanjang lifetime dari panel surya tersebut. Sistem pendinginan untuk panel surya dibedakan menjadi 2 jenis teknik pendinginan yaitu aktif dan pasif. Prinsip yang membedakan dari kedua jenis tersebut adalah pada sistem aktif dibutuhkan sumber tenaga dari luar untuk menjalankan sistem pendinginan. Sajjad *et al.* (2019) menggunakan udara sebagai media pendingin panel surya mampu meningkatkan efisiensi sistem sebesar 7.2%. Kekurangan dari sistem pendingin menggunakan media udara adalah rendahnya kapasitas perpindahan kalor konveksi. Metode optimasi yang dapat meningkatkan kapasitas perpindahan kalor konveksi adalah memperluas permukaan perpindahan kalor dengan memasang sirip-sirip pendingin.

Kabeel *et al.* (2019) meningkatkan efisiensi pendingin panel surya dengan mengkombinasikan media perpindahan kalor air dan udara di sistem pendingin panel surya. Peningkatan daya dan efisiensi metode ini lebih baik dari pada hanya menggunakan metode udara sebagai media pendingin. Media pendingin panel surya masih dapat ditingkatkan kemampuan untuk memindahkan kalor dari panel surya dengan mengganti media air dengan menggunakan media fluida nano sebagaimana yang dilakukan Al-Waeli *et al.* (2017). Fluida nano SiC/water divariasikan

konsentrasinya untuk mempelajari pengaruh konsentrasi fluida nano terhadap kinerja sistem. Sebesar 25.6% terjadi peningkatan daya yang dihasilkan pendingin fluida nano dibandingkan dengan pendingin air.

Pendinginan panel surya tidak hanya dapat diterapkan pada sisi bawah panel namun juga pada bagian atas panel surya. Bagian atas panel surya seringkali tertutup oleh akumulasi debu sehingga dapat menurunkan kinerja panel surya. Metode semprot adalah metode yang berguna sebagai pendingin panel surya dan sekaligus sebagai pembersih bagian atas panel surya. Al-Housani *et al.* (2019) menggunakan metode ini untuk meningkatkan kinerja listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Semprotan pada bagian atas panel surya dapat dilakukan secara terus menerus sehingga temperatur operasional sel panel akan turun yang diikuti peningkatan efisiensi listrik yang dihasilkan. Teknik pendinginan pasif merupakan solusi yang lebih rendah biaya bila dibandingkan dengan beberapa teknik pendinginan pasif yang diuraikan pada beberapa paragraf sebelumnya. Teknik pendinginan pasif menggunakan struktur wick dan efek kapilaritas dengan media pendingin fluida nano jenis $Al_2O_3/water$ dan $CuO/water$ dapat menurunkan temperatur panel surya hingga 30% (Chandrasekar *et al.*, 2013).

Material yang memiliki kemampuan berubah fase dan dikenal dengan nama *phase change material* (PCM) adalah material yang bisa digunakan pada sistem pendingin pasif. Pemilihan material ini harus mempertimbangkan sifat pelelehan material pada temperatur tertentu. Terjadi peningkatan 5.9% kinerja sistem panel surya ketika PCM dengan temperatur pelelehan 38-43 °C diaplikasikan pada panel surya (Hasan *et al.*, 2017). Alizadeh *et al.* (2019) menggunakan heat pipe sebagai teknik pendingin pasif pada panel surya. Heat pipe adalah peralatan perpindahan kalor dengan dua fase. Pada radiasi surya sebesar 1000 W/m², temperatur panel surya dapat diturunkan hingga 16.1 °C.

Menurut Maleki *et al.* (2020), kinerja panel surya dalam mengkonversi energi listrik akan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu material panel surya, radiasi solar, akumulasi debu, bayangan, kelembaban, dan temperatur. Hal ini terkonfirmasi dari hasil penelitian yang dilakukan dengan teknik pendinginan aktif maupun pasif guna menurunkan temperatur panel surya. Beberapa rekomendasi penelitian pada sistem pendingin panel surya disajikan pada Table 1.

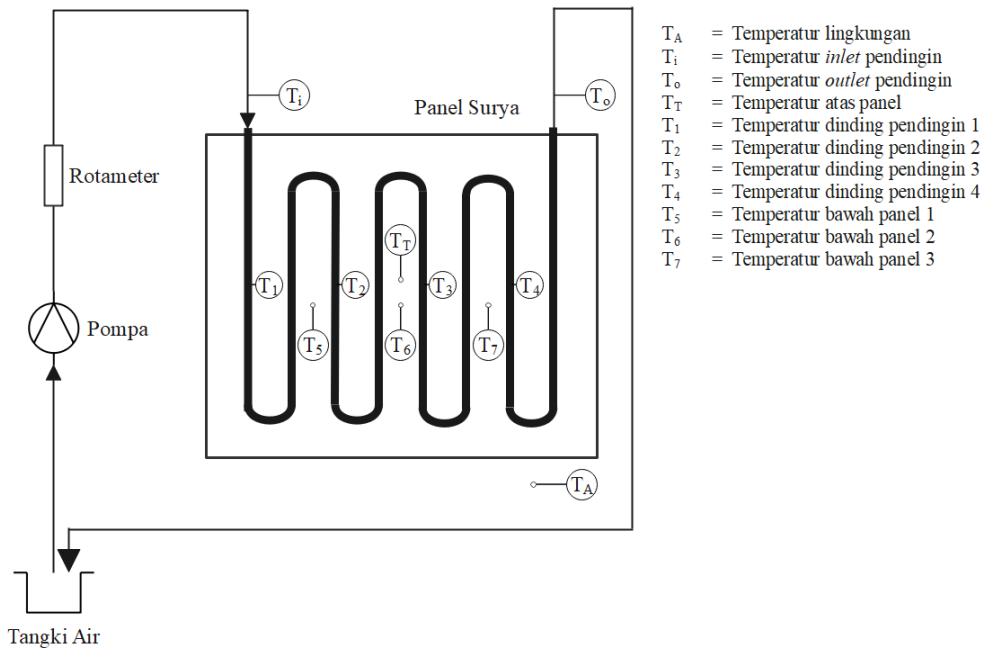
Tabel 1. Rekomendasi penelitian pada sistem pendingin panel surya

Teknik Pendinginan	Pengembangan Penelitian
Pendingin air	Modifikasi dan konfigurasi <i>channel</i>
Pendingin cairan	Penggunaan fluida nano dan modifikasi <i>channel</i>
Pendinginan semprot	Modifikasi nozel
Struktur <i>wick</i>	Penggunaan berbagai tipe <i>wick</i> dan struktur kapiler
PCM	Modifikasi sifat termal PCM
<i>Heat pipe</i>	Mengaplikasikan fluida nano dan mencoba berbagai <i>heat pipe</i>

Sumber: Maleki *et al.* (2020)

Metode Penelitian

Desain sistem pendingin PV menggunakan *tubular cooler* ditunjukkan pada Gambar 1. Pompa mensuplai air dari tangki air yang ditambahkan es untuk menghasilkan temperatur yang lebih rendah dari temperatur lingkungan sebagai perangkat penukar kalor. Pompa dioperasikan dengan debit 1.8 liter per menit yang diukur menggunakan rotameter. Kontrol aliran dapat dilakukan dengan menambahkan DC *speed controller* pada jalur keluaran *adaptor* DC untuk suplai energi listrik pompa. Temperatur panel surya selama proses pendinginan diamati dengan termokopel pada beberapa titik pengamatan. Pada sistem ini termokopel T_T menjadi indikator yang menunjukkan kondisi temperatur permukaan bagian atas panel surya. Temperatur panel surya akan mengalami

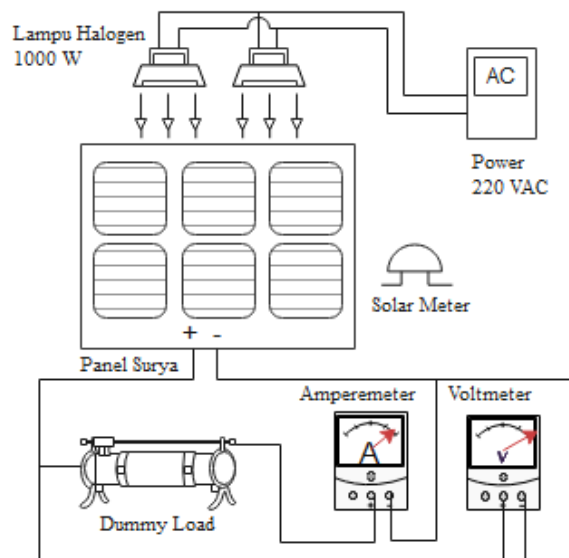


kenaikan akibat terpapar oleh solar simulator yang menghasilkan radiasi solar sebesar 581 W/m^2 .

Gambar 1. Skema Sistem Pendingin

Solar simulator sebagai penghasil radiasi solar dibuat dengan memanfaatkan lampu halogen 500 W yang dipasang paralel sehingga total radiasi solar sebesar 1000 W ditunjukkan pada Gambar 2. Jarak antara *solar simulator* dan panel surya akan mempengaruhi jumlah radiasi solar yang diterima oleh panel surya dan sebarannya. Pada pengujian ini rata-rata radiasi solar yang dihasilkan sebesar 581 W/m^2 bersumber dari beberapa titik pengukuran pada panel surya.

Dummy load dipasang pada rangkaian pengujian daya keluaran panel surya untuk memaksimalkan pembebanan. *Dummy load* dipilih karena memiliki keunggulan dapat diatur nilai hambatan dan memiliki daya yang sesuai dengan daya keluaran maksimal dari panel surya. Selama pengambilan data pada penelitian ini tidak dilakukan perubahan nilai hambatan pada *dummy load*. Pengukuran daya listrik dihasilkan dari perkalian antara arus yang terukur pada amperemeter dan tegangan yang terukur dari voltmeter.



Gambar 2. Skema Pengujian Daya Keluaran Panel Surya dengan Sumber Energi dari Solar Simulator 1000 W

Spesifikasi alat dan bahan utama dalam rancangan ini ditunjukkan pada Tabel 2 dengan pengaplikasian sebagaimana pada Gambar 1 dan 2.

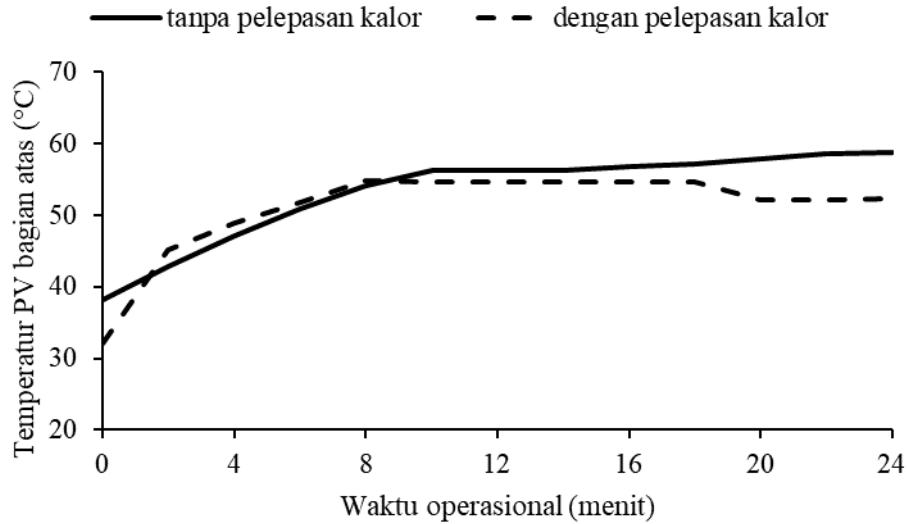
Tabel 2. Spesifikasi Alat dan Bahan

No	Item	Spesifikasi
1	Panel surya	20 WP, area 48x31 cm
2	Lampu halogen	500 W 220 VAC
3	<i>Dummy load</i>	200 W 100 Ω
4	<i>DC speed motor controller</i>	12 V
5	Solar meter	SM206
6	Rotameter	60 L/H
7	Pompa air	220 VAC 4 A
8	<i>Tubular cooler</i> tembaga	\varnothing ¼ inch
9	Termokopel	HTI HT9815

Hasil dan Pembahasan

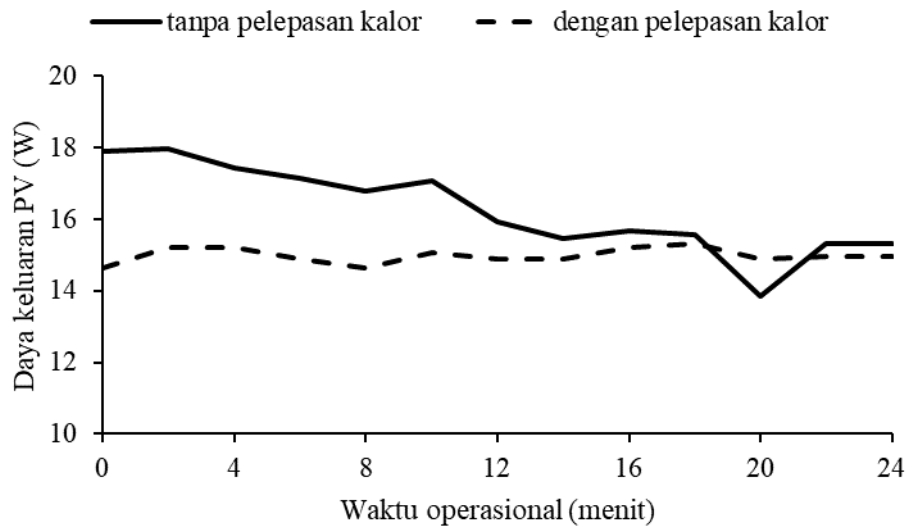
Temperatur panel surya bagian atas terlihat mengalami perubahan selama panel surya dioperasikan. Gradien kenaikan temperatur cukup besar terjadi pada 10 menit pertama ketika temperatur panel surya meningkat dari temperatur lingkungan ke temperatur tertinggi akibat paparan *solar simulator*. Kurva temperatur tidak lagi mengalami kenaikan yang besar setelah menit ke 10 pada saat sistem pendingin tidak aktif (tanpa pelepasan kalor) maupun ketika sistem pendingin aktif (dengan pelepasan kalor).

Pelepasan kalor dari panel surya ke air yang disirkulasikan di dalam sistem pendingin menunjukkan bahwa temperatur atas panel surya mencapai 52 °C di akhir operasional panel surya. Temperatur akhir bagian atas panel surya dengan sistem pendingin aktif memiliki temperatur 6 °C lebih rendah dibandingkan jika panel surya tidak didinginkan. Penggunaan *solar simulator* dapat menghasilkan temperatur atas panel surya sebesar lebih dari 60 °C yang mana kondisi ini dapat terjadi pada saat panel surya yang digunakan di luar ruangan pada kondisi cuaca cerah di siang hari. Temperatur yang dianjurkan untuk mendapatkan daya maksimal dan usia panel surya yang lebih panjang pada panel surya yang digunakan adalah pada kondisi temperatur maksimal 45 °C.



Gambar 3. Perubahan Temperatur Panel Surya

Daya keluaran panel surya tidak terdapat perbedaan signifikan pada akhir panel surya dioperasikan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4. Kurva yang terbentuk menunjukkan panel surya dengan sistem pendingin lebih stabil dalam menghasilkan daya listrik dibandingkan tanpa sistem pendingin. Meskipun *tubular cooler* mampu mendinginkan temperatur panel surya, di dalam penelitian ini terdapat temuan berupa kontak antara *tubular cooler* dan sisi bawah panel surya tidak maksimal dengan penggunaan *pasta thermal*. Penurunan temperatur panel surya hanya mencapai penurunan sebesar 6 °C akibat kontak yang tidak maksimal masih berpeluang untuk ditingkat lagi dengan penggunaan *therma pad* maupun menambah panjang lintasan *tubular cooler* dengan merapatkan *pitch* pada *tubular cooler*.



Gambar 4. Daya Keluaran Panel Surya

Kesimpulan

Sistem pendingin dengan memanfaatkan elemen pendingin berbentuk *tubular cooler* dapat menurunkan temperatur panel surya hingga 6 °C lebih rendah dibandingkan tanpa sistem pendingin. Sistem pendingin dapat menjaga kestabilan daya keluaran panel surya selama

dioperasikan. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan mengamati daya keluaran panel surya pada variasi nilai hambatan *dummy load* dan variasi temperatur sistem pendingin.

Daftar Pustaka

- Almanda, D., Bhaskara D., 2018, Studi pemilihan sistem pendingin pada panel surya menggunakan water cooler, air mineral dan air laut. *Resistor* 1(2), 43-52.
- Al-Nimr, M.A., Mugdadi, B., 2020. A hybrid absorption thermo-electric cooling system driven by a concentrated photovoltaic thermal unit. *Jurnal Sustain* 40, 57-69.
- Al-Waeli, A.H.A., Chaichan, M.T., Sopian, K., Kazem, H.A., Mahood, H.B., Khadom, A.A., 2019. Modeling and experimental validation of a PVT system using nanofluid coolant and nano-PCM. *Sol. Energy* 177, 178-191.
- Alizadeh, H., Ghasempour, R., Shafii, M.B., Ahmadi, M.H., Yan, W.-M., Nazari, M.A., 2018. Numerical simulation of PV cooling by using single turn pulsating heat pipe. *Int. J. Heat Mass Transf.* 127, 203–208.
- Chandrasekar, M., Suresh, S., Senthilkumar, T., Ganesh karthikeyan, M., 2013. Passive cooling of standalone flat PV module with cotton wick structures. *Energy Convers. Manag.* 71, 43–50.
- Jatmiko, Asy'ari, H., Purnama, M., 2011. Pemanfaatan sel surya dan lampu led untuk perumahan. *Semantik*.
- Frangoul, A., 2019, Dubai international airport installs 15,000 solar panels, Available at: <https://www.cnbc.com/2019/07/17/dubai-international-airport-installs-15000-solar-panels.html> (Accessed: 21th September 2020).
- Hasan, A., McCormack, S., Huang, M., Norton, B., Hasan, A., McCormack, S.J., Huang, M. J., Norton, B., 2014. Energy and Cost Saving of a Photovoltaic-Phase Change Materials (PV-PCM) System through Temperature Regulation and Performance Enhancement of Photovoltaics. *Energies* 7, 1318–1331.
- Kabeel, A.E., Abdelgaied, M., Sathyamurthy, R., 2019. A comprehensive investigation of the optimization cooling technique for improving the performance of PV module with reflectors under Egyptian conditions. *Sol. Energy* 186, 257-263.
- Loegimin, M. S., Sumantri, B., Nugroho, M.A.B., Hasnira, H., Windarko, N.A., 2020. Sistem pendinginan air untuk panel surya dengan metode fuzzy logic. *Jurnal Integrasi* 12, 21-30.
- Meleki, A., Haghghi A., Assad, M.E.H., Mahariq I., Zazari, M.A., 2020. A review on the approaches employed for cooling PV cells. *Solar Energy* 209, 170-185.
- Sugiyono. A., 2014. Permasalahan dan kebijakan energi saat ini, *Jurnal Pros. peluncuran buku outlook energi Indonesia bersama BPPT dan BKK-PII*, 9-16.
- Solar Feeds., 2019. Top 8 solar-powered airports in the world, Available at: <https://solarfeeds.com/solar-powered-airports-in-the-world/> (Accessed: 21th September 2020).