

Desain dan Fabrikasi Plate Fin Heat Sink Dengan Resistansi Termal Rendah Untuk Modul Termoelektrik Pada Sistem Hidroponik = Design and Fabrication of Plate Fin Heat Sink with Low Thermal Resistance for Thermoelectric Module in Hydroponic System

Izzudin Al Ayyubi, author

Deskripsi Lengkap: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=9999920571679&lokasi=lokal>

Abstrak

Kelaparan global terus meningkat sejak 2019, berdampak pada hampir 9,4% populasi dunia pada 2023, yang menunjukkan urgensi solusi ketahanan pangan, terutama di negara berkembang seperti Indonesia. Urban farming, khususnya hidroponik, muncul sebagai solusi potensial, namun tantangan suhu air pada metode ini menjadi kendala utama, terutama di wilayah tropis dengan suhu rata-rata di atas rentang ideal hidroponik (18–25°C). Penelitian ini berfokus pada pengembangan desain heat sink untuk meningkatkan efektivitas pendinginan suhu air menggunakan modul termoelektrik. Penelitian dilakukan melalui pendekatan simulasi berbasis COMSOL Multiphysics dan validasi eksperimental menggunakan sistem pendingin termoelektrik berbasis TEC1-12706. Tiga desain heat sink (plate fin, offset strip, pin fin) dibandingkan dengan model heat sink konvensional untuk mengevaluasi resistansi termal, distribusi termal, dan karakteristik aliran udara. Hasil simulasi menunjukkan bahwa triangular plate fin heat sink memiliki resistansi termal paling rendah, yaitu 0,530 K/W, lebih baik 21.69% dibandingkan heat sink konvensional sebesar 0,6768 K/W. Distribusi termal triangular plate fin menunjukkan performa termal yang lebih baik dengan suhu udara keluar celah sirip mencapai 306 K dan kecepatan aliran udara keluar 1,38 m/s dibandingkan heat sink konvensional dengan nilai 322.5 K untuk suhu udara celah sirip dan 0.288 m/s untuk kecepatan udara keluar celah sirip. Hasil fabrikasi rectangular plate fin heat sink memberikan performa termal yang lebih baik pada suhu termal kontak sampai dengan 9.45 K lebih rendah dan suhu sisi dingin modul termoelektrik sampai dengan 2.82 K lebih rendah dibandingkan heat sink konvensional. Desain ini diharapkan dapat digunakan secara massal oleh berbagai golongan baik dalam aplikasi sistem hidroponik ataupun aplikasi lainnya yang membutuhkan penggunaan modul termoelektrik.

.....Global hunger has continued to rise since 2019, affecting nearly 9.4% of the world's population in 2023, highlighting the urgent need for food security solutions, particularly in developing countries like Indonesia. Urban farming, especially hydroponics, has emerged as a potential solution; however, water temperature regulation remains a key challenge, especially in tropical regions where average temperatures exceed the ideal range for hydroponics (18–25°C). This study focuses on the development of a heat sink design to enhance water cooling effectiveness using thermoelectric modules. The research was conducted through COMSOL Multiphysics-based simulations and experimental validation using a TEC1-12706-based thermoelectric cooling system. Three heat sink designs, plate fin, offset strip, and pin fin, were compared to a conventional heat sink model to evaluate thermal resistance, thermal distribution, and airflow characteristics. Simulation results show that the triangular plate fin heat sink has the lowest thermal resistance at 0.530 K/W, performing 21.69% better than the conventional heat sink with 0.6768 K/W. The triangular plate fin design also demonstrated superior thermal performance, with outlet air temperature at the fin gaps reaching 306 K and outlet airflow velocity at 1.38 m/s, compared to 322.5 K and 0.288 m/s, respectively, for the conventional heat sink. The fabricated rectangular plate fin heat sink exhibited better

thermal performance with contact surface temperatures up to 9.45 K lower and the cold side of the thermoelectric module up to 2.82 K lower than the conventional heat sink. This design is expected to be widely applicable across various user groups, both in hydroponic systems and other applications requiring thermoelectric modules.