

Kajian Sistem Penyejukan Air Domestik

Nur Balqis Mohd Sharil¹, Alya Fasiah Rishammadi¹, Ahmadenujaid Zullkaflee¹, Nor Farah Atiqah Ahmad^{2*}

¹ Jabatan Kejuruteraan Awam, Pusat Pengajian Diploma,

Universiti Tun Hussien Onn Malaysia, Hab Tinggi Pendidikan Pagoh, 84600 Pagoh, Johor, MALAYSIA

² Teknologi Alam Sekitar Neo, Pusat Pengajian Diploma,

Universiti Tun Hussien Onn Malaysia, Hab Pendidikan Pagoh, 84600 Pagoh, Johor, MALAYSIA

*Pengarang utama: norfarah@uthm.edu.my

DOI: <https://doi.org/10.30880/mari.2026.07.01.010>

Maklumat Artikel

Diserah: 1 Oktober 2025

Diterima: 30 November 2025

Diterbitkan: 15 Januari 2026

Kata Kunci

Sistem penyejukan air, pad penyejuk Peltier, sinki haba, suhu air domestik, pengaliran haba

Abstrak

Projek ini bertujuan untuk membangunkan sebuah sistem penyejukan yang lebih kecil dan efisien bagi menyelesaikan masalah yang sering dihadapi oleh pengguna berkaitan dengan suhu air yang tinggi ketika ingin digunakan. Kajian ini menggunakan air domestik yang bersuhu tinggi dan beberapa peralatan elektronik untuk menilai kecekapan sistem penyejukan berfungsi. Ujian ini dilaksanakan bagi memenuhi objektif kajian antaranya bagi membangunkan sistem penyejukan air untuk kegunaan domestik. Dua buah prototaip telah dibina dengan perbezaan saiz iaitu; A) bekas berbentuk silinder dan B) bekas berbentuk segi empat, bagi menjangka masa yang diperlukan untuk penyejukan berlaku dengan sistematik dan berkesan. Untuk permulaan ujikaji, dua bekas A dan B diisi dengan isipadu air dan suhu awal yang sama iaitu iaitu 2389 cm³ dan 40.4°C. Setelah pengaktifan sistem penyejukan, suhu diambil pada kedalaman 4cm, 8cm, 12cm, 16cm dan 20cm pada sela masa setiap 5 minit selama 15 minit. Hasil ujikaji mendapati terdapat perbezaan yang berlaku antara bekas A dan B yang menunjukkan purata bagi kedua-dua bekas tersebut adalah 40.7°C dan 41.0°C. Kesimpulannya, kajian ini berjaya membangunkan sebuah sistem penyejukan yang berpotensi untuk dimanfaatkan dalam kegunaan domestik. Sistem ini bukan sahaja memberikan penyelesaian kepada pengguna, malah turut membuka peluang untuk penggunaan masa yang lebih produktif tanpa pembaziran terutamanya kepada bidang penyejukan sistem domestik.

Keywords

Water cooling system, Peltier, heat sink, domestic water temperature, heat transfer

Abstract

This project aims to develop a compact and efficient water cooling system to address the common issue of high water temperature during usage. Using high-temperature domestic water and several electronic components, the study evaluated the system's cooling efficiency through two different prototype containers: a cylindrical (A) and a rectangular (B) design. Both containers were filled with 2389 cm³ of water at an initial temperature of 40.4°C. Temperature readings were taken at depths of 4 cm, 8cm, 12cm, 16cm and 20 cm at 5-minute intervals over a 15-minute period. The results showed a slight temperature difference

between the two, with average readings of 40.7°C for container A and 41.0°C for container B. The findings indicate that the cooling system has potential for practical domestic use, offering improved comfort and more efficient time and resource management in household water usage.

1. Pendahuluan

Pembangunan sistem penyejukan air ini bertujuan untuk menangani isu ketidakselesaan yang timbul akibat penggunaan air bersuhu tinggi dalam kehidupan seharian. Peningkatan suhu bumi sejak kebelakangan ini telah memberikan kesan yang ketara, terutamanya terhadap suhu air semula jadi dan domestik. Malaysia, sebagai sebuah negara yang terletak di garisan khatulistiwa, menerima pancaran matahari yang hampir seragam sepanjang tahun, yang menyebabkan suhu persekitaran kekal tinggi dan stabil [1]. Jadi, peningkatan suhu yang sering dikesan berlaku sekitar kawasan kediaman adalah pada tangki simpanan air yang berpotensi untuk menjejaskan keselesaan pengguna.

Pada asalnya, kaedah tradisional seperti menyimpan air di dalam tempayan atau pada waktu malam sering digunakan untuk mendapatkan air yang sejuk. Namun begitu, kaedah ini mengambil masa yang lama dan tahap keberkesananannya adalah terhad. Seiring dengan perkembangan teknologi, sistem penyejukan moden yang dibangunkan melalui kajian ini mampu memberikan penyelesaian yang lebih efisien, menjimatkan masa, dan mengurangkan pembaziran sumber.

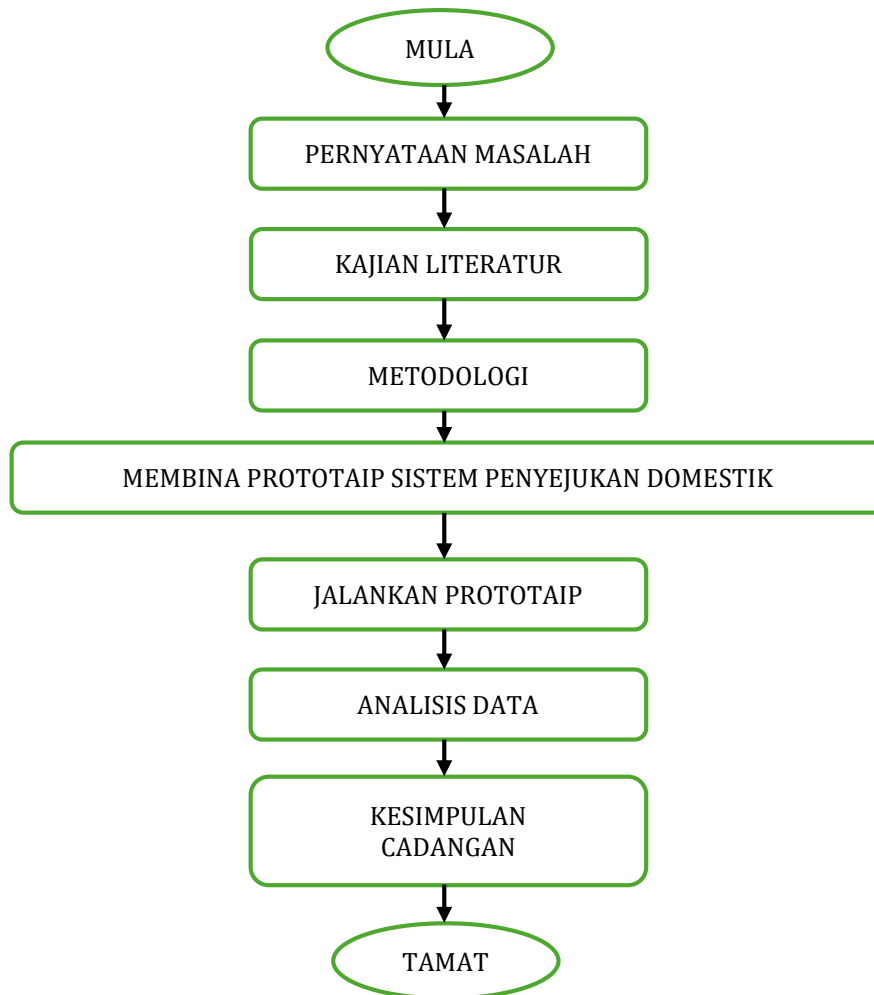
Oleh kerana itu, kajian ini dilakukan dengan membangunkan sebuah sistem penyejukan air domestik yang lebih cekap dan efisien. Dengan penambahan penggunaan teknologi Peltier, air simpanan dan takungan dapat disejukkan dengan lebih cepat dan berterusan. Pad penyejuk Peltier atau teknologi Peltier ini adalah sebuah alat elektronik yang menggunakan sumber kuasa elektrik bagi menjana dua permukaan sisi yang berbeza iaitu sisi bersuhu tinggi dan bersuhu rendah. Sisi bersuhu rendah dilekatkan pada sinki haba yang kemudian diletakkan ke dalam air. Jadi, suhu air dapat disejukkan dengan adanya sentuhan diantara air dan sinki haba manakala sisi bersuhu tinggi pula dilekatkan pada kipas rangkaian yang membantu untuk membebaskan haba secara berterusan.

Dari sudut kesihatan manusia pula, air sejuk atau bersuhu rendah membawa pelbagai manfaat, khususnya terhadap keadaan fizikal seseorang individu [2]. Sebagai contoh, penggunaannya dalam bidang sukan terbukti membantu dalam proses pemulihan atlet, terutamanya dalam mengurangkan kesakitan otot selepas aktiviti fizikal. Air sejuk diketahui mampu mengecutkan saluran darah, sekali gus mengurangkan bengkak, kesakitan, dan keradangan akibat kecederaan. Oleh itu, permintaan terhadap air sejuk serta sistem penyejukan semakin meningkat, terutamanya dalam kalangan pengguna di kediaman domestik dan juga atlet [3,4].

Akhir sekali, kajian ini bertujuan untuk membangunkan satu sistem penyejukan air domestik yang bukan sahaja berfungsi bagi menyejukkan air, tetapi juga memberikan keselesaan menyeluruh kepada pengguna. Tumpuan utama adalah untuk menentukan jangka masa optimum yang diperlukan bagi mencapai tahap penyejukan maksimum dengan efisien dan juga dapat digunakan secara meluas dalam bidang penyejukan domestik.

2. Bahan & Metodologi

Rajah 1 menunjukkan langkah kerja yang dilakukan bagi mengecapi objektif kajian. Ia telah dilaksanakan mengikut langkah-langkah yang ditunjukkan dalam rajah tersebut.



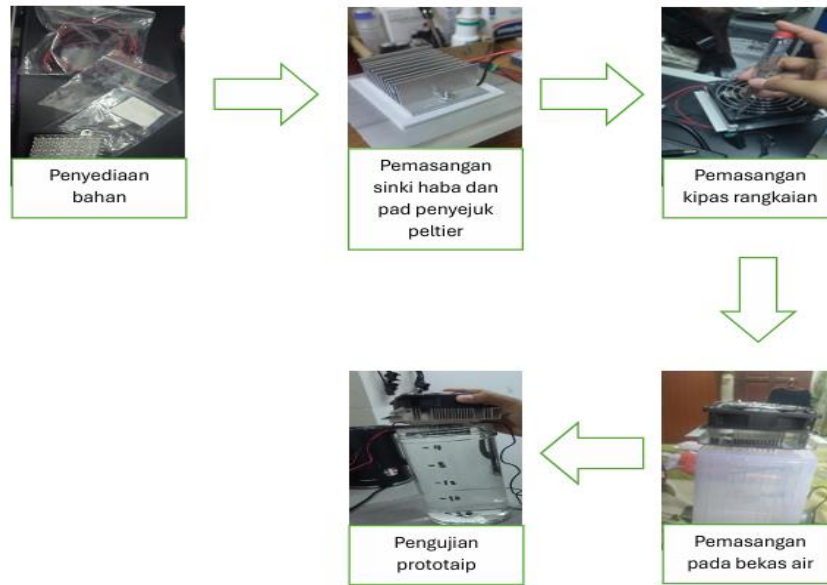
Rajah 1 Carta alir proses kajian penyejukan air domestik

2.1 Bahan

Kajian ini melibatkan penggunaan pelbagai bahan dan komponen utama dalam pembangunan sistem penyejukan air bagi kegunaan domestik. Antara komponen yang digunakan termasuklah sinki haba (heatsink), pad penyejuk Peltier, kipas rangkaian, wayar neutral, paip PVC, bekas air plastik, dan alat penyukat suhu.

Sinki haba yang digunakan berbentuk plat sirip rata, dipilih kerana reka bentuk ini membantu mengurangkan suhu maksimum dengan lebih berkesan serta membolehkan pemindahan haba berlaku secara seragam [5]. Dalam eksperimen ini, air bersuhu tinggi dialirkan ke dalam bekas plastik sebagai medium ujian. Proses pembangunan model sistem penyejukan air domestik ditunjukkan dalam Rajah 2. Dua prototaip telah dibina yang berlainan bentuk; bekas A berbentuk silinder dengan diameter 11.5cm dan bekas B berbentuk segi empat berdimensi 15cm x 13.5cm x 16cm. Model ini diuji keberkesannya dengan mengambil bacaan suhu air sebelum dan selepas proses penyejukan dijalankan. Pad penyejuk Peltier memainkan peranan penting dalam membantu sinki haba menyalurkan haba keluar dari air ke persekitaran. Ia berfungsi berdasarkan konsep penyejukan termoelektrik, yang juga dikenali sebagai satu mekanisme yang efisien untuk mengekalkan suhu ambien [6]. Model TEC1-12715 telah dipilih kerana ia menawarkan keupayaan penyejukan tertinggi sebanyak 136W dan arus maksimum 15.0A, menjadikannya lebih sesuai berbanding model lain. Kipas rangkaian pula bertindak sebagai pengalir haba panas dan membantu mengawal suhu sekitar model. Ia dipasang di bahagian bawah sistem dan berfungsi secara serentak bersama sinki haba dan pad Peltier bagi meningkatkan kecekapan penyejukan. Alat penyukat suhu digunakan untuk merekodkan suhu air sebelum dan selepas ujian dilakukan. Bacaan diambil mengikut masa yang

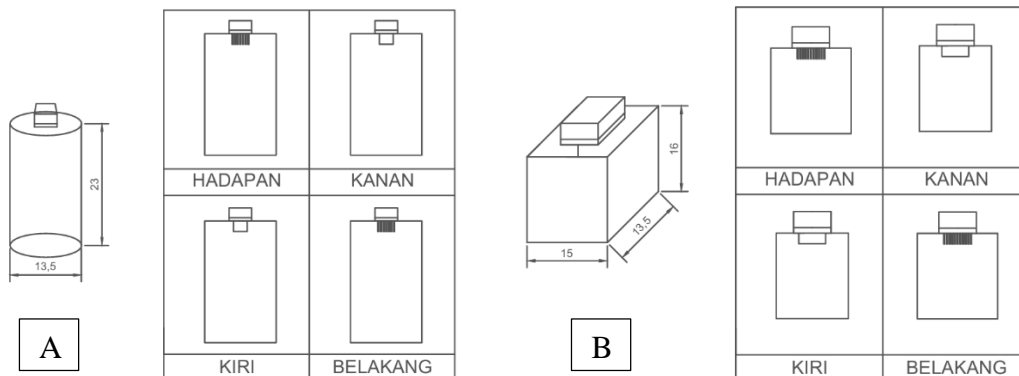
telah ditetapkan serta pada kedalaman air 4cm, 8cm, 12cm, 16cm dan 20cm. Gabungan kesemua komponen ini berperanan dalam mengoptimumkan proses penyejukan air dan membolehkan pembangunan sistem penyejukan air domestik yang berfungsi secara efektif.



Rajah 2 Proses pembuatan sistem penyejukan air domestik

2.2 Rekabentuk dan Metodologi

Konsep reka bentuk bagi model ini ditunjukkan dalam Rajah 3. Model ini direka bentuk menggunakan perisian kejuruteraan AutoCAD 2024. Dua buah prototaip telah dibina dengan perbezaan saiz dan bentuk iaitu bekas A yang berbentuk silinder dengan diameter 11.5cm dan tinggi 23 cm. Manakala bekas B berbentuk segi empat yang berdimensi 15cm(P) x 13.5cm(L) x 16cm(T). Ia direka khas untuk menjadi tempat takungan air bagi proses penyejukan air berlaku. Kajian ini dilakukan dengan mengambil kira dua keadaan saiz bekas yang berbeza kerana antara faktor yang terlibat adalah keluasan permukaan yang boleh dirangkumi oleh sistem penyejukan itu sendiri. Perkara ini dapat dibuktikan dengan hasil dapatan yang menunjukkan bahawa bekas berbentuk segi empat mempunyai purata penurunan suhu yang lebih tinggi berbanding bekas silinder. Dapatan ini dikukuhkan lagi dengan penemuan bentuk sinki haba yang berbentuk segi empat, membolehkan ia untuk merangkumi luas permukaan yang lebih tinggi berbanding pada bekas berbentuk silinder.



Rajah 3 Rajah skematik bagi model A dan B

Bagi ujikaji ini, suhu air diambil pada setiap kedalaman 4cm, 8cm, 12cm, 16 cm dan 20 cm dengan sela masa setiap 5min selama 15minut. Alat pengukur suhu digunakan untuk menguji keberkesanan sistem penyejukan dalam

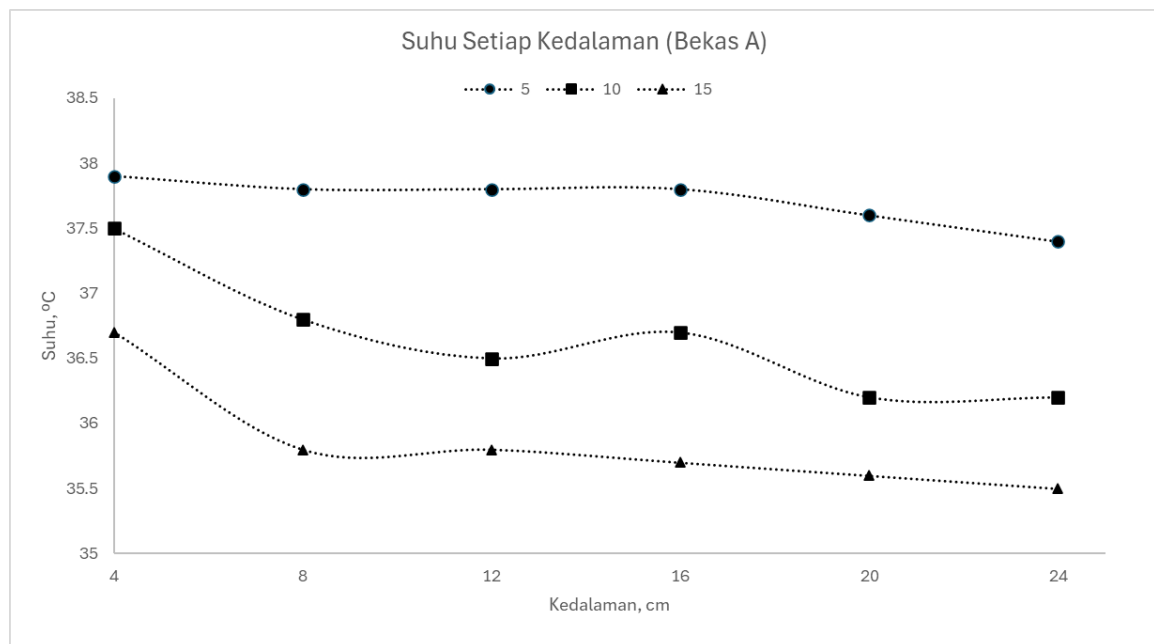
mengukur suhu air. Bacaan awal suhu serta bacaan selepas sistem penyejukan diaktifkan diambil berdasarkan paras air yang berbeza dari permukaan bekas, bagi menilai prestasi penyejukan secara lebih menyeluruh. Kajian ini juga telah dilakukan secara dua kali berturut-turut bagi mendapatkan nilai dan data yang lebih tepat untuk dijadikan rujukan.

3 Hasil dan Perbincangan

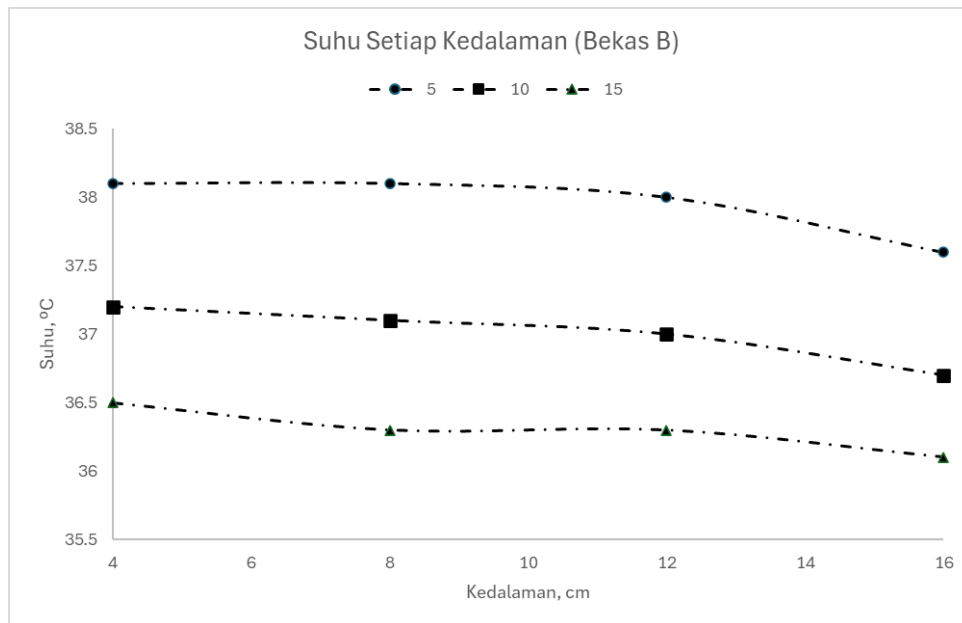
3.1 Analisis Data

Rajah 4 menunjukkan variasi suhu yang direkodkan setiap 5 minit selama 15 minit bagi bekas A. Didapati penurunan suhu di setiap kedalaman air adalah sekata pada setiap kedalaman. Anggapan awal dikatakan suhu air pada kedalaman 4cm akan lebih sejuk daripada bahagian dasar, namun hasil ujikaji menunjukkan sebaliknya. Walaupun di paras air 4cm berlaku penurunan, namun mungkin suhu dari sistem Peltier menyebabkan air pada paras ini kurang sejuk seperti yang dijangka. Pada bahagian dasar, air bersuhu lebih rendah berbanding pada bahagian permukaan. Perkara ini dapat disokong oleh kejadian fizik yang menunjukkan jisim bagi air bersuhu rendah akan lebih tumpat dan cenderung untuk berada di dasar bekas berbanding dengan air bersuhu tinggi.

Namun begitu, berbanding dengan bekas A, taburan suhu dalam bekas B lebih sekata, membukrikan bahawa bentuk bekas turut mempengaruhi pengedaran haba dan keberkesanan penyejukan secara keseluruhan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5.



Rajah 4 Suhu di setiap kedalaman bagi bekas A



Rajah 5 Suhu di setiap kedalaman bagi bekas B

4 Kesimpulan dan Cadangan

Secara keseluruhan, sistem penyejukan air domestik ini dapat diklasifikasikan sebagai sebuah sistem penyejukan yang berjaya atas beberapa faktor utama iaitu berjaya menyejukan air dalam jangka masa yang pendek dan efektif. Bagi mengoptimalkan keberkesanan dan kecekapan sistem penyejukan air domestik ini, adalah penting untuk mengambil kira suhu awal, suhu persekitaran, serta suhu akhir selepas proses penyejukan dijalankan. Dengan memberi tumpuan kepada pembolehubah seperti masa dan suhu yang direkodkan, pihak berkepentingan dapat memperoleh maklumat yang berguna mengenai prestasi sebenar sistem ini. Analisis data ini membolehkan penyesuaian dan penambahbaikan dilakukan, seperti menjalankan ujian dengan isipadu air yang lebih besar atau penggunaan secara berterusan bagi menilai had maksimum keupayaan sistem dalam situasi penggunaan harian. Analisis yang menyeluruh ini amat penting bagi pelbagai jenis bangunan sama ada kediaman, komersial mahupun industri terutamanya di kawasan beriklim panas seperti Malaysia, yang memerlukan sistem penyejukan yang cekap dan lestari. Secara keseluruhannya, sistem ini menyediakan penyejukan yang menyeluruh dan berkesan, serta menyerlahkan potensinya sebagai penyelesaian inovatif kepada isu peningkatan suhu air domestik. Ia bukan sahaja menyumbang kepada kesejahteraan pengguna, tetapi juga menyokong amalan hidup yang lebih selesa dan lestari.

Melalui hasil kajian ini, suhu air domestik dapat diturunkan dengan purata 2.5°C bagi kedua-dua bekas. Prototaip yang dibangunkan menunjukkan prestasi yang memuaskan selepas diuji. Akan tetapi, terdapat penambahbaikan yang boleh dilakukan bagi meningkatkan lagi kecekapan dan keberkesanan sistem penyejukan air seperti menambah jangka masa ujikaji, mengaplikasikan penggunaan kawalan suhu automatik seperti mikropegawal (Arduino) dan juga boleh diaplikasikan pada kediaman seperti rumah bagi mendapatkan data yang lebih tepat berkenaan suhu kajian. Penggunaan *heatsink* bersaiz lebih besar atau kipas berkapasiti lebih tinggi juga boleh membantu teknologi *Peltier* beroperasi pada tahap yang optimum.

Penghargaan

Setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih diucapkan kepada Pusat Pengajian Diploma (CeDS), Universiti Tun Hussien Onn Malaysia atas sokongan yang telah diberikan.

Konflik Kepentingan

Penulis mengisytiharkan bahawa tiada sebarang konflik kepentingan yang berkaitan dengan penerbitan makalah ini.

Sumbangan Penulis

Penulis mengesahkan sumbangan kepada kertas ini seperti berikut: **konsepsi dan reka bentuk kajian:** Nor Farah Atiqah Binti Ahmad, **pengumpulan data, analisis dan interpretasi hasil, penyediaan draf manuskrip:** Nur Balqis Binti Mohd Sharil, Alya Fasihah Binti Rishammadi, Ahmadenujaid Bin Zullkaflee. Semua penulis telah mengkaji hasil dan meluluskan versi terakhir manuskrip.

Rujukan

- [1] N. Ibáñez-Rueda, J. Guardiola, S. López-Ruiz, and F. González-Gómez, "Towards a sustainable use of shower water: Habits and explanatory factors in southern Spain," *Sustainable Water Resources Management*, vol. 9, no. 4, 2023.
- [2] E. L. Reed, C. L. Chapman, E. K. Whittman, T. E. Park, E. A. Larson, B. W. Kaiser, L. N. Comrada, K. Wiedenfeld Needham, J. R. Halliwill, and C.T. Minson, "Cardiovascular and mood responses to an acute bout of cold water immersion," *Journal of Thermal Biology*, vol. 118, 2023.
- [3] J. K. Kim, and R. Smith, "Cooling water system design," *Chemical Engineering Science*, vol. 56, no. 12, 2001.
- [4] E. Söylemez, E. Alpman, and A. Onat, "Experimental analysis of hybrid household refrigerators including thermoelectric and vapour compression cooling systems," *International Journal of Refrigeration*, vol. 95, 2018.
- [5] R. L. Stearns, J. K. Nolan, R. A. Huggins, C. M. Maresh, C. X. Munõz, K. D. Pagnotta, et al., "Influence of cold-water immersion on recovery of elite triathletes following the ironman world championship," *Journal of Science and Medicine in Sport*, vol. 21, no. 8, pp. 846–851, 2018.
- [6] J. Ortega-Casanova, M. Ortega-Cortes, P. Cortes-Carretero, and J. Ortega-Cortes, "A primitive method for cooling water: Does the shape matter?," *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 26, 2021.