

Penggunaan Sistem Penuaian Air Hujan dalam Proses Penyejukan Bangunan

The Use of Rainwater Harvesting Systems in the Building Cooling Process

Nur Alyaa Roslan¹, Sharifah Meryam Shareh Musa^{1,2*}, Hamidun Mohd
Noh^{1,2}, Rozlin Zainal^{1,2}

¹ Jabatan Pengurusan Pembinaan, Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn
Malaysia, Parit Raja, Johor, 86400 MALAYSIA

² Centre of Excellent Project & Facilities Management (ProFMs), Fakulti Pengurusan Teknologi dan
Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Parit Raja, Batu Pahat, Johor 86400, MALAYSIA

*Pengarang Utama: meryam@uthm.edu.my

DOI: <https://doi.org/10.30880/rmtb.2024.05.02.043>

Maklumat Artikel

Diserah: 30 September 2024

Diterima: 1 November 2024

Diterbitkan: 1 December 2024

Kata Kunci

SPAH, penyejukan dalam bangunan,
suhu dalaman, keselesaan terma

Abstrak

Proses penyejukan bangunan menggunakan sistem penuaian air hujan (SPAH) adalah salah satu idea yang boleh menjimatkan perbelanjaan elektrik sambil meningkatkan keselesaan penyejukan tanpa bergantung pada penghawa dingin. Kawasan tadahan untuk sistem ini ditentukan oleh saiz bumbung bangunan. Sistem ini mempunyai dua tujuan iaitu penyejukan bangunan dan penuaian air hujan. Pelaksanaan Sistem Penuaian Air Hujan (SPAH) adalah bertujuan untuk mengumpul dan menggunakan semula air hujan bagi proses penyejukan bangunan. Suhu semakin tinggi di setiap kawasan menyebabkan masyarakat mengalami cuaca yang sangat panas, dengan suhu mencecah 38°C, yang boleh mengakibatkan strok haba jika terdedah di lokasi panas. Objektif kajian ini adalah untuk mengenalpasti masalah dalam proses pemasangan SPAH dalam penyejukan bangunan. Bagi objektif kedua ialah mencadangkan reka bentuk sistem penyejukan bangunan yang sesuai menggunakan SPAH. Kajian ini menfokuskan penyejukan bangunan dari aspek keselesaan terma kepada pengguna menggunakan kaedah temubual, prototaip dan kajian literatur. Pemilihan responden bagi temubual dipilih secara rawak seramai 3 orang. Dapatan kajian menunjukkan keberkesanan penggunaan Sistem Penuaian Air Hujan (SPAH) dalam menurunkan suhu bangunan. Permasalahan dalam pemasangan SPAH juga dapat diatasi dari segi keperluan meningkatkan kapasiti tangki penyimpanan, penggunaan pam yang lebih kuat, perancangan paip yang lebih baik, dan pemeliharaan rutin. Cadangan untuk reka bentuk SPAH yang lebih baik termasuk peningkatan kapasiti pengumpulan air, penggunaan pam yang memberikan tekanan air lebih tinggi, sensor automatik untuk penghidupan sistem, dan keseluruhan reka bentuk yang menitikberatkan kecekapan. Dengan mengatasi masalah ini dan

mengaplikasikan cadangan, dapat meningkatkan prestasi keseluruhan sistem penyejukan bangunan menggunakan SPAH.

Keywords

RWHS, indoor cooling, indoor temperature, thermal comfort

Abstract

The building cooling process using a rainwater harvesting system (RWHS) is one of the ideas that can save electricity expenses while increasing cooling comfort without relying on air conditioning. The size of the roof of the building determines the catchment area for this system. This system has two purposes, namely, building cooling and rainwater harvesting. Implementing the Rainwater Harvesting System (RWHS) aims to collect and reuse rainwater for the building cooling process. Temperatures are rising in every area, causing people to experience extremely hot weather, with temperatures reaching 38°C, which can result in heat stroke if exposed in hot locations. This study aims to identify problems in the RWHS installation process in building cooling. The second objective proposes designing a suitable building cooling system using RWHS. This study uses interview methods, prototypes, and literature review to build cooling from the comfort aspect of terms to users. A total of 3 people randomly selected the selection of respondents for the interview. The study's findings show the effectiveness of using the Rainwater Harvesting System (RWHS) in lowering the temperature of the building. Problems in installing RWHS can also be overcome in terms of the need to increase the storage tank's capacity, the use of stronger pumps, better pipe planning, and routine maintenance. Recommendations for better RWHS design include increased air collection capacity, the use of pumps that provide high air pressure, automatic sensors for system activation, and an overall efficiency-focused design. By overcoming this problem and applying the recommendations, it is possible to improve the overall performance of the building's cooling system using RWHS.

1. Pengenalan

Sistem ini bertujuan untuk mengurangkan aliran air larian permukaan dan menggalakkan penggunaan air yang cekap sebagai sumber bekalan air alternatif yang percuma dan selamat. Kawasan tadahan untuk sistem ini ditentukan oleh saiz bumbung bangunan. Sistem ini mempunyai dua tujuan iaitu tadahan air dan penuaian air hujan. Pelaksanaan Sistem Penuaian Air Hujan (SPA) adalah bertujuan untuk mengumpul dan menggunakan semula air hujan bagi proses penyejukan bangunan. Udara dalaman yang tidak baik akan menyumbang kepada ketidakselesaan, kesan kepada kesihatan, ketidakhadiran kerja dan produktiviti yang rendah. Kualiti dalaman yang baik akan memberi kesan kepada kesihatan yang baik kepada penghuni bangunan yang menyumbang kepada keselesaan dan kesejahteraan. Apabila mengeluarkan haba dari dalam ruangan, individu biasanya menggunakan sistem mekanikal seperti pengudaraan, penghawa dingin dan lain-lain. Menggunakan sistem mekanikal memerlukan banyak kuasa yang membawa kepada penggunaan tenaga. Sistem yang kurang menggunakan tenaga adalah yang paling disyorkan dan sangat dituntut oleh orang ramai. Haba dibebaskan secara semula jadi melalui dinding sistem penyejukan.

Pelaksanaan Sistem Penuaian Air Hujan (SPA) adalah bertujuan untuk mengumpul dan menggunakan semula air hujan bagi proses penyejukan bangunan. Keselesaan terma yang tidak baik akan menyumbang kepada ketidakselesaan, kesan kepada kesihatan, ketidakhadiran kerja dan produktiviti yang rendah. Keselesaan terma yang baik akan memberi kesan kepada kesihatan yang baik kepada penghuni bangunan sekaligus menyumbang kepada keselesaan dan kesejahteraan. Apabila mengeluarkan haba dari dalam ruangan, individu biasanya menggunakan sistem mekanikal seperti pengudaraan, penghawa dingin dan lain-lain. Sistem yang kurang menggunakan tenaga elektrik sangat dituntut oleh orang ramai. Haba dibebaskan secara semula jadi melalui dinding sistem penyejukan. Sistem penyejukan beroperasi sendiri dengan menggunakan ciri semula jadi. Proses penyejukan bangunan menggunakan SPA sebagai medium untuk mengeluarkan haba daripada dalam ruangan bagi mengurangkan suhu. Ia menggunakan jenis pemindahan haba secara perolakan. Pemindahan haba konvensional ialah satu proses yang menggabungkan pengaliran dan bendalir yang mengalir Othman (2022).

Kekuatan Cuaca yang panas menyebabkan masyarakat lebih gemar berada di dalam rumah. Hal ini menyebabkan keselesaan terma dalam rumah berkurang kerana penggunaan penghawa dingin yang kerap bagi memberi keselesaan dan menyejukan ruangan ruangan. Kebanyakan individu memasang banyak kipas dan

penghawa dingin di setiap bilik rumah mereka untuk memastikan suhu sejuk dan selesa. Menurut tinjauan Utusan Malaysia (2023), pelanggan diwajibkan menggunakan kipas dan memasang penghawa dingin untuk mengatasi haba kerana mereka tidak dapat lagi menahan haba semasa, mengakibatkan peningkatan empat kali ganda purata perbelanjaan elektrik. Oleh itu, pengguna terpaksa bergantung kepada penggunaan penghawa dingin bagi memberi keselesaan dan menyejukan ruangan bangunan. Oleh yang demikian, kajian ini memfokuskan untuk mengurangkan kebergantungan pengguna dan memberikan alternatif menggunakan proses penyejukan bangunan melalui penggunaan Sistem Penuaian Air Hujan. Selain dapat dijadikan sebagai penyejuk ruangan, penggunaan SPAH juga dapat dijadikan bekalan semasa berlakunya krisis bekalan air. Oleh itu, objektif kajian ini adalah termasuk (i) Mengenalpasti masalah dalam proses pemasangan sistem penuaian air hujan (SPAH) pada bangunan. dan (ii) Mencadangkan reka bentuk sistem penyejukan bangunan yang sesuai menggunakan SPAH.

Kajian ini bertujuan untuk mengenal pasti masalah proses pemasangan sistem penuaian air hujan (SPAH) pada bangunan. Hal ini bertujuan untuk menggalakkan bangunan menggunakan SPAH sebagai alat menyejukan bangunan. Selain itu, mencadangkan reka bentuk sistem penyejukan bangunan yang sesuai menggunakan SPAH. Kajian ini menggunakan kaedah temubual untuk mendapatkan maklumat tambahan yang dapat menyokong dapatan kajian ini. Antara pihak yang terlibat adalah pengguna yang menggunakan sistem ini bagi penyejukan bangunan. Pemilihan skop ini berasaskan keberkesanan reka bentuk sistem penyejukan bangunan yang dicadangkan menggunakan SPAH.

2. Kajian Literatur

Kajian ini mengkaji isu-isu yang berkaitan dengan subjek yang dikaji iaitu sistem penuaian air hujan berdasarkan kajian literatur yang lepas dari definisi, fakta dan beberapa isu lain yang mungkin memberi kesan kepada menyokong dan memantapkan kajian yang dijalankan terhadap subjek ini. Kajian literatur ini memfokuskan kepada penulisan sumber saintifik daripada penyiasatan yang telah disiapkan sebelum ini.

2.1 Definisi istilah yang Digunakan

Dalam topik ini, membentangkan beberapa istilah utama yang digunakan dalam kajian ini, dengan matlamat untuk memberikan pandangan dan memudahkan pembaca memahami kajian ini.

a. Definisi Sistem Penuaian Air Hujan (SPAH)

SPAH sebagai suatu aktiviti yang mengumpul dan menyimpan air semula jadi untuk mengelakkannya daripada tersejat akibat daripada sebarang aktiviti hidrologi. Secara ringkasnya, SPAH ialah satu cara mengumpul air hujan dan menyimpannya di dalam takungan untuk kegunaan masa hadapan.

b. Definisi Keselesaan Terma

Keselesaan istilah khususnya merujuk kepada aspek pengkajian tentang refleks tubuh badan manusia terhadap kesan iklim (Zulkifli, 2018). Fanger (2015), menyatakan dari sudut fahaman subjektif, keselesaan terma wujud daripada keseimbangan faktor psikologi, biologi, fizikal dan fisiologi

c. Definisi Pembinaan

Pembinaan ditakrifkan oleh (Chang, 2017) sebagai salah satu teknik industri yang melaksanakan pemasangan struktur bertujuan memberi tempat tinggal. Aktiviti pembinaan, adalah amalan manusia purba membina tempat perlindungan untuk menyesuaikan diri dengan persekitaran semula jadi.

2.2 Konsep Sistem Penuaian Air Hujan (SPAH)

Sistem penuaian air hujan, dari segi saintifik, merujuk kepada proses mengumpul dan menyimpan air hujan hasil daripada aktiviti penuaian air hujan di kawasan tadahan bagi kegunaan proses penyejukan bangunan selain mengelakkan kehilangan sumber air hujan akibat sejatan (Che-Ani, 2019).

2.3 Konsep Keselesaan Terma

Termal merujuk kepada tindak balas sistem tubuh manusia terhadap variasi suhu, sama ada di dalam badan atau di persekitaran. Trost J (1999) juga berpendapat bahawa keselesaan fizikal (tubuh manusia) memerlukan pemindahan haba badan untuk mengelakkan terlalu panas. Manusia normal memerlukan suhu badan 37°C

untuk memastikan sistem tubuh manusia berfungsi dengan baik.

2.4 Sejarah Sistem Penuaian Air Hujan (SPAHL)

Sistem penuaian air hujan pertama kali digunakan di China, India, dan Mesopotamia sekitar 2000 SM (SM), menurut Rochat (2020). Beliau menyatakan bahawa pada zaman awal, sistem pengumpulan air hujan hanyalah reka bentuk asas di mana batu-batu besar dihasilkan untuk digunakan sebagai takungan atau pengumpulan hujan.

2.5 Sejarah Keselesaan Terma

Keselesaan terma merupakan salah satu komponen kajian tindak balas manusia terhadap perubahan iklim (Zulkifli Hanafi, 1999). Setiap individu melihat keadaan terma persekitaran mereka secara berbeza. Majoriti ahli akademik bersetuju bahawa keselesaan terma merujuk kepada keadaan minda atau persepsi manusia yang menunjukkan kegembiraan atau ketidakpuasan terhadap persekitaran terma mereka. Tambahan pula, zon keselesaan haba setiap individu berbeza bergantung pada iklim tempatan.

2.6 Fungsi Sistem Penuaian Air Hujan (SPAHL)

Sistem penuaian air hujan yang mempunyai pelbagai fungsi berperanan lebih daripada satu tugas dalam satu masa. Umumnya, sistem penuaian air hujan mempunyai peranan yang sama dengan SPAHL yang lain. Namun kajian ini agak berbeza kerana kajian akan menggabungkan kesemua fungsi SPAHL terhadap bangunan. Malah SPAHL berfungsi mempunyai nilai yang lebih tinggi.

2.6.1 Penyejukan bangunan

Keupayaan bumbung zink sebagai konduktor haba yang baik menyebabkan rumah cepat menyejuk dan cepat panas seiring dengan suhu di luar rumah. Akibatnya, udara boleh bertindak sebagai medium untuk mengimbangi perubahan suhu yang terlalu cepat, melepasi haba jika suhu luar meningkat dan mengekalkan cuaca sejuk jika hujan turun secara konsisten. Keadaan ini menyumbang kepada penurunan suhu di dalam rumah.

2.6.2 Landskap

Selain daripada dapat menggunakan air paip untuk menyiram tumbuhan, menggunakan air hujan adalah pilihan yang lebih baik. Air hujan, pada hakikatnya, mengandungi nutrien yang boleh menyuburkan tumbuhan, seperti nitrat, yang diperlukan untuk pertumbuhan tumbuhan, mengelakkan klorin yang terdapat dalam air paip. Air hujan adalah sumber pengairan semula jadi untuk tumbuhan. Air hujan tidak mengandungi bahan kimia tambahan seperti klorin, garam atau fluorida, yang biasanya terdapat dalam paip udara dan boleh membahayakan kepada tumbuhan.

2.6.3 Kegunaan Aktiviti di rumah

Menggunakan air hujan yang jatuh ke atas bumbung rumah melalui tadahan atau takungan kecil boleh membantu meminimumkan penggunaan pengguna kepada air terawat untuk pelbagai fungsi kediaman harian. Kotoran pada permukaan bumbung seperti habuk dan daun boleh mengurangkan kualiti air hujan yang bersih, tetapi tidak menjadi isu untuk air hujan digunakan untuk tujuan luaran.

2.7 Proses pemasangan sistem penuaian air hujan (SPAHL) pada bangunan

Pemasangan Sistem Penuaian Air Hujan (SPAHL) pada bangunan memerlukan pemahaman yang baik tentang elemen teknikal, peraturan, dan elemen lain yang boleh memberi kesan kepada keberkesanan dan efisiensi sistem.

a. Komponen SPAHL dan reka bentuk

Pemilihan reka bentuk Sistem Penuaian Air Hujan (SPAHL) yang boleh diintegrasikan secara harmoni dengan reka bentuk dan struktur bangunan adalah amat penting bagi memastikan SPAHL bukan sahaja berfungsi secara optimum malah dapat mengekalkan estetika dan fungsi bangunan secara keseluruhan. rumah.

b. Faktor persekitaran dan geografi

Dengan mengambil kira iklim, terutamanya dengan taburan hujan yang tinggi, pemasangan dan operasi SPAH boleh dioptimumkan untuk memastikan kemampunan dan ketersediaan air yang mencukupi bagi menghadapi perubahan bermusim dalam bekalan air.

c. Penggunaan dan pemeliharaan SPAH

Penyelidikan tentang penggunaan dan penyelenggaraan Sistem Penuaian Air Hujan (SPAH) melihat kepada pelbagai aspek, dan ia boleh membantu memahami dengan lebih baik cara masyarakat menerima dan menggunakan teknologi ini. Tahap kesedaran, penyertaan dalam aktiviti, amalan pemeliharaan air, pemahaman teknologi, dan reaksi terhadap perubahan bermusim boleh dinilai. Selain itu, penyelidikan termasuk mengkaji insentif dan halangan yang dihadapi oleh pengguna untuk menggunakan SPAH, serta tindak balas sosial dan alam sekitar yang mungkin disebabkan oleh penggunaannya.

2.8 Reka bentuk sistem penyejukan bangunan dengan menggunakan SPAH

Pengetahuan tentang susunan bahan yang dirancang untuk menghasilkan produk yang memberi kesan kepada kehidupan disebut sebagai reka bentuk (Maz, 2018). Reka bentuk ini dicipta untuk memudahkan kehidupan manusia. Persekitaran yang direka dengan baik akan menjadikan hidup kita lebih mudah dan selesa.

2.9 Proses pemindahan haba dalam sistem penyejukan bangunan

Penyejukan ditakrifkan sebagai satu proses pembuangan haba dari satu tempat atau keadaan atau bahan untuk mengurangkan suhu dan memindahkan haba itu ke tempat lain. Proses penyejukan dilakukan bagi menurunkan suhu ruangan menjadi lebih rendah daripada suhu panas. Proses pembuangan haba boleh dilakukan oleh satu cara yang dinamakan pemindahan haba.

a. Pemindahan Haba

Terdapat pemindahan tenaga dalam bentuk haba dalam proses kimia. Proses lain, seperti pengeringan, penyulingan, pembakaran dan penyejukan, semuanya termasuk penghantaran haba. Haba bergerak dari komponen suhu tinggi ke bahagian suhu rendah akibat daripada perbezaan suhu. Proses penghantaran haba pada asasnya dipisahkan kepada mekanisme iaitu pengaliran dan pengolakan.

b. Loteng

Komponen lain ialah sinaran gelombang panjang yang hilang dan dilepaskan ke alam sekitar. Bakinya diserap oleh genting dan diarahkan ke ruang loteng. Haba diserap dalam dua cara iaitu secara sinaran dan perolakan. Haba yang diserap oleh permukaan siling akan menyebabkan permukaan siling menjadi panas, bergerak ke dalam persekitaran bangunan.

2.10 Komponen sistem penyejukan bangunan

Menerusi Panduan Pelaksanaan Inisiatif Pembangunan Kejiranan Hijau yang dikeluarkan oleh Jabatan Perancang Bandar Dan Desa Semenanjung Malaysia (2013), terdapat tiga komponen utama yang digariskan bagi sistem penuaian air hujan iaitu kawasan mengumpul, sistem saluran dan juga kawasan menakung air yang digunakan untuk jenis SPAH untuk kegunaan di sesebuah bangunan untuk menyejukan ruangan.

a. Tangki simpanan

Tangki simpanan mempunyai sejumlah besar kawasan di SPAH. Jumlah udara yang perlu disimpan oleh luas permukaan tempat dan saiz tangki simpanan. Tangki simpanan hendaklah dibangunkan mengikut keperluan air, hujan, dan kawasan sedia ada. Untuk menghadkan penggunaan saluran paip, tangki hendaklah terletak berhampiran sistem pengedaran.

b. Sistem saluran

Sistem saluran merupakan salah satu aspek yang paling ketara dalam sistem penuaian air hujan kerana ia menyalurkan udara yang dikumpulkan di kawasan tempat ke dalam tangki simpanan untuk disimpan. Air hujan yang terkumpul di permukaan bumbung tidak boleh disalurkan ke dalam tangki simpanan tanpa sistem saluran. Kedudukan sistem saluran ini mesti saling bersambung dengan kawasan tadahan bagi memastikan udara yang terkumpul dapat dilepaskan melalui sistem ini tanpa kehilangan jumlah udara yang dituai.

c. Sonoff

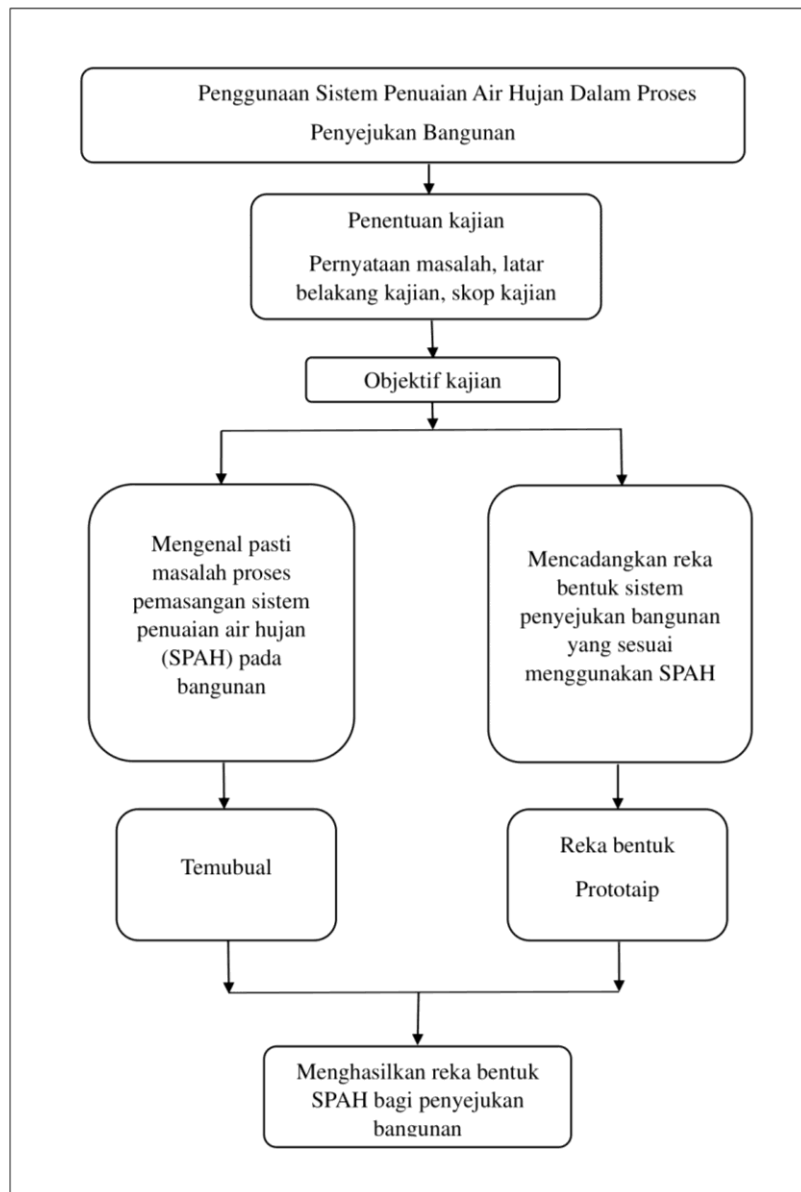
Sonoff adalah salah satu modul yang digunakan dalam aplikasi rumah pintar. Modul ini ialah suis pintar yang mempunyai sambungan WIFI. Akibatnya, modul ini juga diklasifikasikan sebagai peranti IoT. Sonoff menghantar data ke awan melalui penghala wifi, yang membolehkan semua peralatan dikawal melalui aplikasi eWeLink pada telefon. Aplikasi eWeLink tersedia dimuat turun di AppStore dan Google Play. Terdapat banyak bentuk sonoff yang biasa digunakan, termasuk sonoff lampher untuk mengawal peranti kawalan jauh dan kuasa sonoff untuk mengawal penggunaan tenaga. Kemudian terdapat sonoff pemantauan suhu & kelembapan, yang mengawal suhu dan kelembapan.

3. Metodologi Kajian

Metodologi kajian ini menerangkan kaedah bagi melaksanakan kajian ini daripada kajian literatur sehingga dapatan kajian. Bagi mendapatkan maklumat yang lebih teliti, kawasan kajian telah menjalani temu bual dan tinjauan. Bahagian ini akan menumpukan kepada reka bentuk kajian, teknik kajian, kawasan kajian, populasi kajian, persampelan kajian, prosedur analisis data yang diperolehi, carta alir kajian.projek.

3.1 Carta aliran metodologi kajian

Carta aliran kerja digunakan untuk menunjukkan proses yang dijalankan bagi memastikan objektif kajian tercapai. Aliran kajian ini bermula daripada peringkat kajian awal, yang bertujuan untuk menetapkan matlamat kajian, dan berakhir dengan peringkat paling akhir, iaitu membuat keputusan dan cadangan kajian.



Rajah 1 Carta aliran metodologi kajian

3.2 Sumber Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah peringkat utama dalam menentukan sama ada penyelidikan itu berasas dan mengandungi bukti kukuh. Data kajian ini dikumpul melalui tinjauan literatur, kaedah kajian teknikal sebagai data primer atau sumber utama, dan kaedah soalan temubual sebagai kaedah kualitatif dan sebagai sumber data sokongan.

3.2.1 Kajian Literatur

Kajian literatur ialah pencarian fakta atau teori dalam bentuk maklumat. Tinjauan literatur berdasarkan kajian terdahulu dan bahan yang berkaitan dengan topik. Kenyataan, sebagai contoh, boleh dikumpulkan daripada jurnal yang diterbitkan, artikel, akhbar, majalah, tesis dan penyiasatan terdahulu. Kenyataan yang diterima boleh dalam matlamat ketiga kajian ini untuk membantu reka bentuk SPAH yang cekap.

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder menurut Marican (2015), merupakan sumber data yang telah dikumpul dan hasil penemuan daripada pengkaji terdahulu melalui kajian yang telah dijalankan. Penemuan data ini boleh digunakan untuk menambah dan menyokong tuntutan yang digunakan dalam penciptaan kajian baharu. Sumber data sekunder

ini boleh diperolehi melalui pembacaan laporan rasmi, majalah, akhbar, artikel, dan jurnal, serta carian di internet. Data sekunder dikumpul dan dianalisis terlebih dahulu untuk memastikan data dipilih berdasarkan penyelidikan.

3.2.3 Data Primer

Menurut Yusof (2014), data primer ialah maklumat yang diperolehi daripada sumber semula jadi hasil daripada proses penyelidikan. Menurut Marican (2015), data primer ialah maklumat yang dikumpul untuk menjawab persoalan kajian. Pengkaji mendapatkan data primer ini terus daripada sumber yang dimaksudkan tanpa menggunakan orang tengah (Hakim, 2020). Proses eksperimen dan membuat kajian lapangan yang melibatkan penggunaan soal selidik, temu bual, kaedah pemerhatian, dan cara lain adalah antara pendekatan yang boleh digunakan untuk mengumpul data primer ini. Terdapat dua bentuk data primer: data kuantitatif dan data kualitatif.

3.2.4 Prototaip

Pengumpulan data melalui reka bentuk miniatur rumah memungkinkan interaksi yang lebih aktif dan visual dalam proses penyelidikan atau perancangan reka bentuk. Berdasarkan maklumat dan analisis yang dikumpul dari kawasan kajian, reka bentuk SPAH yang cekap boleh diwujudkan.

3.3 Kaedah Kajian

Kaedah kualitatif digunakan di dalam kajian ini bagi mendapatkan data bagi menilai keberkesanan reka bentuk sistem penyejukan bangunan yang dicadangkan menggunakan SPAH. Instrumen yang digunakan di dalam kaedah ini adalah temubual kepada sasaran responden yang dipilih. Temubual dibuat kepada responden yang menggunakan kaedah penyejukan bangunan ini. Oleh itu, kaedah ini dipilih bagi menambahbaik sistem penyejukan dengan menggunakan sistem penuaian air hujan. Penggunaan data sekunder termasuk penggunaan sumber maklumat seperti yang diperolehi melalui pembacaan artikel, jurnal, buku, dan surat khabar, serta bahan-bahan berkaitan yang berkaitan dengan topik kajian yang boleh didapati melalui laman web.

3.3.1 Temubual

Kaedah temubual ini mempunyai beberapa bahagian, antaranya ialah bahagian A, B, C, D, E dan F. Setiap bahagian temubual memainkan peranan yang penting dalam merangka satu sesi temubual yang sistemik, informatif, dan etika. Pengkaji perlu memastikan bahawa pertanyaan-pertanyaan mereka relevan, tersusun dengan baik, dan boleh menjurus kepada maklumat yang dikehendaki.

4. Analisis Kajian

Maklumat ini diperolehi daripada kajian lapangan melalui kaedah kualitatif bagi mencapai objektif-objektif yang telah ditetapkan. Objektif kajian ini bagi mengenalpasti masalah dalam proses pemasangan sistem penuaian air hujan (SPAH) pada bangunan. Selain itu, kaedah temubual ini juga dapat mencadangkan penambahbaikan reka bentuk sistem penyejukan bangunan yang sesuai dengan menggunakan SPAH.

4.1 Pengumpulan Data Temubual

Proses pengumpulan data menerusi kaedah temubual, dilaksanakan melalui temubual bersemuka dan bantuan aplikasi sosial seperti penggunaan WhatsApp bagi memperoleh maklum balas daripada responden yang telah dipilih. Hal ini juga disebabkan oleh jarak antara responden lebih jauh. Pemilihan responden secara rawak seramai 3 orang.

4.2 Proses Pemasangan SPAH pada bangunan

Hasil dapatan data kajian yang diperolehi menerusi kaedah temubual yang telah dijalankan berdasarkan soalan-soalan yang dibina serta diajukan kepada responden dianalisis menggunakan kaedah analisis kandungan yang dilaksanakan dalam bentuk jadual.

Jadual 1 *Bahagian Temubual*

Bahagian	Penerangan	Bil. Soalan
A	Latar belakang responden	5
B	Pengaplikasian SPAH pada bangunan	4
C	Proses pemasangan SPAH dalam penyejukan bangunan	7
D	Jenis SPAH dalam penyejukan bangunan	7
E	Kos pemasangan	4
F	Permasalahan dalam penggunaan SPAH	3

4.2.1 Latar Belakang Responden

Faktor penting pada bahagian ini bagi memastikan jawapan yang diberikan adalah boleh sesuai dan juga tepat berdasarkan daripada tempoh pengalaman bekerja yang dimiliki oleh seseorang responden dalam mereka bentuk sistem serta tahap pengetahuan mereka. Terdapat 4 soalan yang dikemukakan di bahagian ini berkaitan dengan responden, jangka masa penggunaan, tujuan penggunaan, jenis bangunan dan tahap pendidikan responden.

Jadual 2 *Latar Belakang Responden*

Bil. Responden	Jangka masa penggunaan	Tujuan penggunaan	Jenis bangunan	Tahap pendidikan
Responden 1 (R1)	3 – 4 tahun	Menyejukan ruangan	Kedai makan	Kolej vokasional
Responden 2 (R2)	2 tahun	Untuk mengurangkan suhu panas	Rumah teres	SPM
Responden 3 (R3)	3 tahun	Menyejukkan ruangan	Lot kedai	SPM

4.2.2 Pengaplikasian SPAH pada bangunan

Soalan yang dikemukakan di bahagian ini difokuskan bagi mengetahui bagaimana cara mereka mengaplikasikan sistem ini seperti soalan berkaitan tujuan penggunaan sistem penyejukan yang dijalankan, impak penggunaan serta pemasangan SPAH kepada pengguna dan juga beberapa soalan yang berkaitan lagi yang sesuai untuk diajukan bagi bahagian ini

Jadual 3 *Pengaplikasian SPAH pada bangunan*

Perkara	R1	R2	R3
Tujuan sistem dipasang pada bangunan	Untuk mengurangkan suhu panas dan kegunaan aktiviti harian	Untuk mengurangkan suhu panas	Untuk mengurangkan suhu dan menyejukkan bangunan
Sumber maklumat pada sistem penyejukan bangunan	Dari pengalaman bekerja sebagai tukang paip	Melalui sumber idea dan bahan yang ada	Melalui perkongsian di <i>Facebook</i> dan <i>YouTube</i>

Impak pemasangan SPAH kepada pengguna	Ya, menjimatkan bil elektrik dan air	Ya, menjimatkan bil elektrik	Ya, dapat menjimatkan bil elektrik kerana kurang penggunaan kipas
Syarat pemasangan SPAH mengikut NAHRIM / JPS	Tidak	Tidak, hanya mengikut kreativiti sendiri	Tidak

4.2.3 Proses Penyejukan SPAH dalam penyejukan bangunan

Pemasangan SPAH adalah bertujuan untuk menyejukkan bangunan. Justeru, soalan yang dikemukakan adalah berkaitan dengan proses pemasangan SPAH, penentuan lokasi tangki SPAH, kaedah sistem SPAH berfungsi, pemilihan kaedah SPAH, penentuan jumlah saluran atau paip masalah selepas pemasangan dan jenis masalah yang dihadapi selepas pemasangan.

Jadual 4 Pengaplikasian SPAH pada bangunan

Perkara	R1	R2	R3
Proses pemasangan SPAH	Pemasangan sendiri	Pemasangan sendiri	Pemasangan sendiri
Penentuan lokasi tangki SPAH	Bahagian belakang kedai	Tiada tangki	Tiada tangki
Kaedah sistem beroperasi	Ya, melalui tangki dan paip air	Tidak, terus melalui paip air	Tidak, terus melalui paip air
Pemilihan kaedah SPAH	Kaedah yang lebih berkesan menggunakan air bagi turunkan suhu	Pemasangan lebih mudah dan menjimatkan	Bahan yang mudah didapati
Penentuan jumlah saluran atau paip	2 paip pemercikan air	Satu batang paip PVC	3 paip pemercikan air
Masalah selepas pemasangan	Ya, air tidak masuk sepenuhnya ke dalam tangki	Tiada masalah sekiranya pemasangan dengan betul	Ya, kerana pam tidak dapat memberi tekanan air yang kuat
Jenis masalah selepas pemasangan	Saluran paip air ke tangki terkeluar, memerlukan saluran paip lebih kecil	Paip akan bocor jika tidak digam dengan betul	Air percikan perlahan kerana kurang tekanan air

4.2.4 Jenis teknologi SPAH

Soalan yang dikemukakan adalah untuk menentukan jenis teknologi SPAH di mana ianya meliputi teknologi yang digunakan, pengoperasian sistem SPAH sama ada secara manual atau automatik, sistem pengoperasian sistem menggunakan tenaga solar atau elektrik, kaedah pengesanan suhu, alat pengesanan suhu yang digunakan, penetapan masa yang diperlukan dan di mana bahan teknologi boleh diperolehi.

Jadual 5 Jenis teknologi SPAH

Perkara	R1	R2	R3
Jenis teknologi dalam SPAH	Tangki atas tanah	Tiada	Tiada
Sistem beroperasi	Manual	Manual	Manual
Sistem beroperasi menggunakan (tenaga elektrik/solar)	<ul style="list-style-type: none"> Tenaga elektrik Mini kincir angin 	Tenaga elektrik	Tenaga elektrik
Kaedah pengesanan suhu	Pengesan suhu	Pengesanan sendiri	Pengesanan sendiri
Alat pengesanan suhu	Pengesan suhu LM35	Tiada	Tiada, dilakukan secara manual
Penetapan masa yang diperlukan	20 minit hingga 40 minit	30 minit	40 minit hingga 1 jam
Bahan teknologi diperolehi	Kedai perkakas	Kedai perkakas	Kedai perkakas dan paip

4.2.5 Kos Pemasangan SPAH

Soalan berkaitan dengan anggaran kos pemasangan sistem SPAH, kos bahan yang paling tinggi bagi memasang sistem SPAH, senarai kos bahan bagi setiap bahan tersebut serta tempoh bayaran balik diperolehi. Maklum balas daripada ketiga-tiga responden direkodkan.

Jadual 6 Kos pemasangan SPAH

Perkara	R1	R2	R3
Anggaran kos pemasangan sistem	RM 300	RM 450	RM 250
Kos bahan paling tinggi	Pam	Pam	Pam
Senarai kos bahan dan harga	<ol style="list-style-type: none"> RM 250 RM 10 	<ol style="list-style-type: none"> RM 390 RM 15 	<ol style="list-style-type: none"> RM 200 RM 15
1. Pam	(sebatang)	(sebatang)	(sebatang)
2. Paip PVC	3. RM 5	3. RM 5	3. RM 5
3. Stop cock PVC	4. RM 6	4. RM 5	4. RM 5
4. Mata tebuk besi			
Tempoh bayaran balik diperolehi	1 tahun	2 tahun	1 tahun 6 bulan

4.2.6 Permasalahan dalam penggunaan SPAH

Soalan yang dikemukakan kepada responden meliputi masalah semasa menggunakan sistem, penambahbaikan sistem yang boleh dilakukan serta penyelenggaraan sistem yang dilakukan.

Jadual 7 *Permasalahan dalam penggunaan SPAH*

Perkara	R1	R2	R3
Masalah semasa menggunakan sistem	Tangki tidak dapat menyimpan air lebih banyak	Tiada masalah	Mengambil masa agak lama untuk menurunkan suhu
Penambahbaikan sistem	Menambah dan menggunakan tangki lebih besar	Menggunakan tangki air yang lebih besar untuk memperbanyakkan air	Menambah tangki untuk menyimpan semula air
Penyelenggaraan sistem	Tiada penyelenggaraan dilakukan	Ya, membuang daun kering yang tersangkut pada jaring saluran air	Ya, bagi sistem ini berfungsi dengan baik

4.3 Cadangan reka bentuk sistem penyejukan yang sesuai menggunakan SPAH

Beberapa perkara perlu diambil kira untuk mereka bentuk SPAH yang berkesan. Pemilihan material, reka bentuk SPAH dan anggaran kos adalah antara komponen ini. Untuk menjamin pelaksanaan SPAH yang mampan semasa proses penyejukan bangunan, perkara ini adalah penting.

4.3.1 Pemilihan Metarial

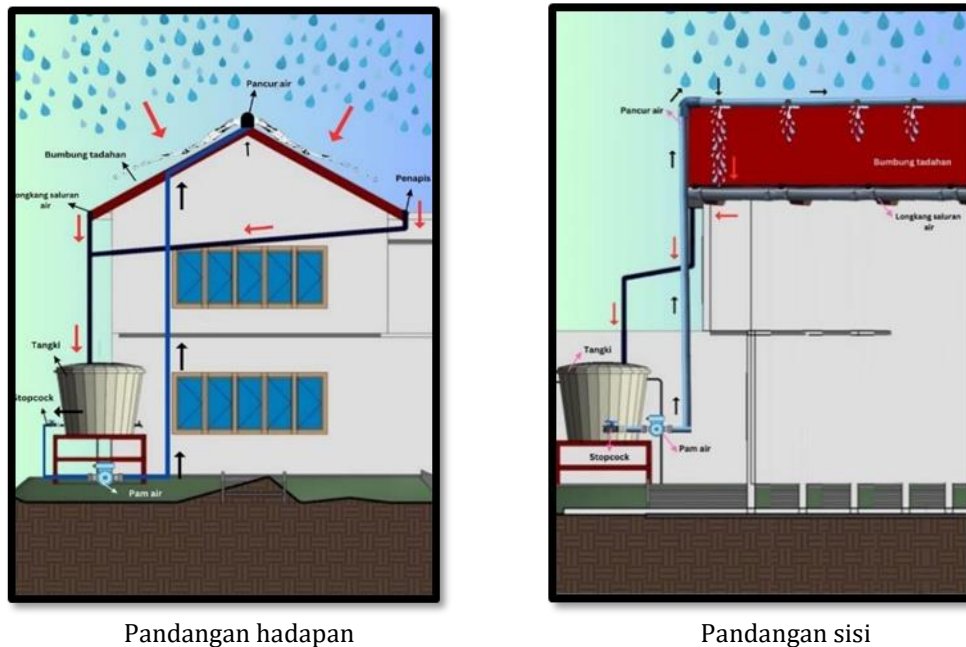
Bahan tahan karat adalah pilihan terbaik untuk tangki air. Ini adalah penting untuk memastikan tangki terus berfungsi dengan baik dan mengurangkan risiko air tercemar. Selain itu, untuk mengelakkan bendasing tersumbat dan mencemarkan kualiti air yang dituai, pemasangan penapis bendasing juga adalah dinasihatkan. Walau bagaimanapun, selepas SPAH dilaksanakan, penyenggaraan penapis tersebut mesti diambil kira.

4.3.2 Reka bentuk SPAH bagi proses penyejukan pada bangunan

Pemasangan reka bentuk Sistem Penyejukan Air Hujan (SPAH) yang melibatkan perubahan suai dua aliran pancuran dari sudut bumbung ke dalam satu saluran dan disambungkan ke dalam tangki keluli tahan karat merupakan langkah yang berpotensi untuk memanfaatkan air hujan dengan lebih efisien.

4.3.3 Kedudukan dan lokasi SPAH

Sistem penuaian air hujan dapat ditingkatkan dengan penggunaan 'Boosman Automatic Boster Pump 0.5p'. Pam ini membantu meningkatkan tekanan air bagi memudahkan pancuran air dilakukan untuk penyejukan bangunan. Penggunaan pam automatik bagi memudahkan pam ini beroperasi apabila diperlukan. Sistem ini beroperasi secara automatik, iaitu melalui pengesanan suhu pada bangunan. Apabila suhu rendah pada tahap yang ditetapkan, sistem ini akan beroperasi. Air dalam tangka akan dipam ke atas bumbung dan memancur air bagi menurunkan suhu pada bangunan. Air yang dipancarkan akan melalui longkang saluran yang dipasang pada hujung bumbung. Tangki SPAH harus diletakkan di lokasi yang sesuai. Hal ini bagi memudahkan air hujan mengalir ke dalam tangki, lokasi yang dipilih adalah berdekatan dengan bangunan. Oleh itu, pengguna boleh menggunakan air yang dituai daripada tangki ini. Selain itu, tangka diletakkan di kawasan yang mudah diakses.



Rajah 2 Kedudukan tangki dan reka bentuk yang dicadangkan

4.3.4 Anggaran kos reka bentuk

Jadual 8 Anggaran kos binaan bagi reka bentuk SPAH dalam penyejukan bangunan

Bil	Bahan	Kuantiti	Harga (RM)	Harga (RM)
1.	N 500 (300gls) 1500 liter Poly Tank	1	459.00	459.00
2.	Pvc External Adjuster Gutter Braket	10	5.00	50.00
3.	F 500 X 5.8m Gutter	2	60.00	120.00
4.	Boosman Automatic Boster Pump 0.5p	1	195.00	195.00
5.	Peralatan Sistem Paip	1	100.00	100.00
6.	Peralatan Bagi Pemasangan Sistem Tangki Dan Pam	1	200.00	200.00
Jumlah				1124.00

4.3.5 Tempoh bayaran balik SPAH yang dicadangkan

Tempoh bayaran balik SPAH yang telah direka bentuk boleh dijangkakan. Penjimatan yang boleh diperolehi dalam masa setahun adalah sebanyak RM332.00. Kos yang diperlukan untuk pelaksanaan reka bentuk SPAH dalam proses penyejukan ialah sebanyak RM1124.00. Tempoh bayaran balik yang diperlukan untuk rekaan ini ialah sebanyak 3.4 tahun.

4.3.6 Kelebihan reka bentuk SPAH yang dicadangkan

Sistem penuaian air hujan (SPAH) tidak hanya berguna untuk penyiraman tanaman, tetapi juga dapat menyumbang kepada penyejukan bangunan. Proses penyejukan bangunan merupakan inovasi yang canggih dan berkesan. Berikut adalah beberapa kelebihan reka bentuk SPAH dalam konteks penyejukan bangunan:

4.3.6.1 Meningkatkan keselesaan terma

Sistem penuaian air hujan direka dengan saluran air yang tertanam pada atap bumbung. Air hujan yang

dikumpulkan dipancarkan ke dalam saluran ini, yang kemudian disalurkan ke dalam sistem SPAH untuk proses penyejukan. Sistem SPAH ini dilengkapi dengan pengesan suhu dan kelembapan untuk mengukur keadaan udara dalaman pada bangunan. Apabila suhu meningkat atau kelembapan rendah, sistem secara automatik memancarkan air hujan ke dalam udara untuk menyejukkan persekitaran. Sistem ini membolehkan mengawal keamatan semburan air berdasarkan keadaan cuaca, suhu dan kelembapan menggunakan teknologi kawalan automasi, memastikan penyejukan yang ideal. Reka bentuk ini tidak hanya memberikan penyejukan yang berkesinambungan tetapi juga memanfaatkan sumber air terbarukan, menyokong konsep bangunan hijau dan kelestarian alam sekitar.

4.3.6.2 Penyelenggaraan bangunan

Air hujan dikumpulkan dan digunakan dalam membina sistem penyejukan seperti penyejukan evaporatif. Ini membantu mengurangkan suhu bangunan, memberi keselesaan kepada penduduk, dan mengurangkan pergantungan pada sistem penghawa dingin berpusat. Dengan menggunakan air hujan untuk penyejukan, pengguna dapat mengurangkan pergantungan pada sistem penghawa dingin berpusat. Ini membantu mengurangkan penggunaan tenaga elektrik dan kos operasi, memberikan impak positif kepada alam sekitar dan penggunaan sumber tenaga. Penyejukan menggunakan air hujan dapat menciptakan keselesaan termal bagi penghuni bangunan, terutamanya dalam iklim yang panas dan kering.

4.3.6.3 Fleksibiliti dalam reka bentuk

Sistem penuaian air hujan disesuaikan untuk memenuhi keperluan pelbagai bangunan dan persekitaran. Ia boleh disesuaikan dan boleh disesuaikan dengan saiz struktur serta corak hujan tempatan. Sistem penuaian air hujan boleh disesuaikan dengan saiz dan reka bentuk bangunan. Ini termasuk penyesuaian kepada bentuk atap, ketinggian bangunan, dan penempatan saluran air untuk memastikan kumpulan air hujan secara maksimum. Selain itu, keupayaan penyimpanan air hujan boleh disesuaikan mengikut keperluan dan saiz bangunan.

4.3.6.4 Mengurangkan kemungkinan banjir

Sistem penuaian air hujan mengekalkan sebahagian besar air hujan, yang membantu mengurangkan air larian permukaan. Ini membantu mengurangkan kemungkinan banjir, tanah mendap, dan pencemaran air yang biasanya disebabkan oleh air larian permukaan. Sistem pengumpulan air hujan mengurangkan kemungkinan banjir di kawasan bandar dengan mengekalkan sebahagian besar air hujan. Ini adalah penting untuk mengurangkan tekanan pada saluran pembetungan dan mengendalikan limpahan air yang berlebihan ke dalam sistem saliran. Air hujan boleh mengumpul pelbagai pencemaran semasa mengalir di atas permukaan tanah. Sistem ini membantu mengurangkan kemungkinan pencemaran sungai dan sumber air lain dengan mengumpul dan menyimpan air hujan untuk kegunaan tempatan.

4.3.6.5 Persekitaran yang lebih mampan

Sistem ini membantu meningkatkan kesedaran dan tanggungjawab alam sekitar di kalangan pemilik bangunan dan masyarakat. Penggunaan air hujan sebagai sumber air membantu menyokong nilai-nilai kelestarian. Oleh itu, pengurangan penggunaan air bersih dari bekalan utama dan pengurangan beban sistem saliran awam juga boleh membawa kepada kemungkinan pengurangan kos operasi jangka panjang. Sistem penuaian air hujan adalah satu langkah positif ke arah pembangunan yang lebih mampan, melibatkan kelestarian sumber air, perlindungan alam sekitar, dan pengurangan kesan negatif terhadap persekitaran.

5. Kesimpulan

Bahagian ini merupakan bahagian yang terakhir di dalam kajian ini di mana bahagian ini digunakan bagi membuat kesimpulan berdasarkan kajian yang telah dilaksanakan, limitasi kajian yang dihadapi pengkaji serta juga cadangan yang diberikan berkaitan dengan tajuk kajian yang dilaksanakan. Selain daripada itu, di dalam bahagian ini juga digunakan bagi merumuskan analisis kajian yang dibuat sama ada ianya dapat mencapai objektif yang telah ditetapkan ataupun tidak iaitu untuk mengenalpasti masalah proses pemasangan sistem penuaian air hujan (SPAH) pada bangunan dan akhir sekali mencadangkan reka bentuk sistem penyejukan bangunan yang sesuai menggunakan SPAH.

5.1 Pencapaian Objektif Kajian

Hasil daripada keseluruhan kajian yang dilaksanakan, tujuan utama kajian ini telah berjaya dicapai. Pencapaian tujuan melaksanakan kajian ini bercaya dicapai menerusi pencapaian terhadap setiap objektif yang telah ditetapkan iaitu:

5.1.1 Objektif 1: Mengenal pasti masalah dalam proses pemasangan sistem penyuapan air hujan (SPA) pada bangunan

Berdasarkan daripada dapatan temu bual yang dijalankan bersama pihak responden, dapat disimpulkan bahawa, ada di dalam kalangan pengguna yang sememangnya bersedia untuk melaksanakan pengguna SPAH bagi sistem penyejukan pada bangunan. Hal ini jelas dapat dilihat menerusi pengalaman mereka dalam memasang sistem penyejukan pada bangunan yang dilengkapi dengan sistem SPAH dan juga tahap pengetahuan serta kemahiran yang mereka miliki bagi melaksanakan sistem ini. Oleh itu, beberapa pendekatan perlu diambil bagi membantu mengatasi masalah yang dihadapi oleh pengguna bagi memastikan bahawa mereka bersedia untuk memasang SPAH bagi sistem penyejukan yang diusahakan.

5.1.2 Objektif 2: Mencadangkan reka bentuk sistem penyejukan bangunan yang sesuai menggunakan SPAH

Reka bentuk SPAH yang dicadangkan dalam objektif ini bagi menyejukan ruangan dalam bangunan. Rekaan ini untuk memberi manfaat kepada pengguna bagi menjimatkan penggunaan elektrik dan air serta memudahkan pengaliran air. Rekaan ini menggunakan tangki untuk dijadikan sebagai kawasan tadahan air hujan. Secara rumusnya, reka bentuk SPAH yang dicadangkan mempunyai nilai kecekapan yang tinggi.

5.2 Penutup

Hasil daripada keseluruhan kajian ini telah berjaya mencapai kedua-dua objektif kajian yang telah ditetapkan serta menjawab persoalan kajian yang ditimbulkan walaupun terpaksa menghadapi beberapa kekangan serta cabaran semasa proses menyiapkan kajian ini. SPAH sememangnya terbukti berkesan dalam memberikan pelbagai manfaat kepada pengguna terutamanya bagi memperoleh sumber bekalan air alternatif untuk digunakan semula. Disebabkan itu, persepsi masyarakat terhadap sistem ini memainkan peranan utama dalam memastikan usaha pembinaan dan juga penerimaan penggunaan SPAH berjaya dilaksanakan.

Penghargaan

Penulis ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada pihak Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussien Onn Malaysia di atas segala sokongan yang diberi.

Konflik Kepentingan

Penulis mengumumkan bahawa tidak ada konflik kepentingan yang berkaitan dengan penerbitan makalah ini.

Sumbangan Penulis

Penulis mengesahkan sumbangan kepada kertas ini seperti berikut: **konsepsi dan reka bentuk kajian:** Nur Alyaa Binti Roslan, Sharifah Meryam Shareh Musa; **pengumpulan data:** Nur Alyaa Binti Roslan; **analisis dan interpretasi hasil:** Nur Alyaa Binti Roslan; **penyediaan draf manuskrip:** Nur Alyaa Binti Roslan, Sharifah Meryam Shareh Musa, Hamidun Mohd Noh, Rozlin Zainal. Semua penulis telah mengkaji hasil dan meluluskan versi terakhir manuskrip.

Rujukan

- Arifin, Kadir, *et al.* "Penilaian Elemen Kualiti Udara Dalaman Dan Kaitannya Terhadap Simptom Kesihatan Pekerja Di Pejabat Kerajaan Sekitar Wilayah Persekutuan Putrajaya." *Malaysian Journal of Society and Space*, vol. 17, no. 1, 27 Feb. 2021, <https://doi.org/10.17576/geo-2021-1701-13>.
- Azizi M.Y. "Pengudaraan Semulajadi (Natural Ventilation) Dalam Bangunan." *DZ Creation*, 28 Sept. 2019, dzcreation.com.my/2019/09/28/pengudaraan-semulajadi/.
- Bernama. "Cuaca Panas: 14 Kes Strok Haba Direkod di Malaysia - KKM." *Astroawani.com*, 2023, www.astroawani.com/berita-malaysia/cuaca-panas-14-kes-strok-haba-direkod-di-malaysia-kkm-19384.
- Hero-Hetc Industrial chiller. "What Are the Four Main Components of Industrial Refrigeration System?" www.herotechchiller.com/ms/news/what-are-the-four-main-components-of-industrial-refrigeration-system/. Accessed 4 July 2023.
- Institutional Repository. "Chemical and Fresh State Properties of Foamed Concrete Incorporating Palm Oil Fuel Ash and Eggshell Ash as Cement Replacement." *Core.ac.uk*, 14 June 2013, core.ac.uk/reader/17297430. Accessed 4 July 2023.

- Ismail, Rohana. "Cuaca Panas, Bil Elektrik Melambung Sekali Ganda." *Utusan Malaysia*, 28 Apr 2023, www.utusan.com.my/nasional/2023/04/cuaca-panas-bil-elektrik-melambung-sekali-ganda/. Accessed 4 July 2023.
- Kaamin, M., et al. "Kajian Alternatif Mengurangkan Suhu Rumah Beratap Zink Di Waktu Tengahari." *Semantic Scholar*, 2013. www.semanticscholar.org/paper/Kajian-alternatif-mengurangkan-suhu-rumah-beratap-Kaamin-Rahman/94f75c2bc779ed3b414bf8aae69cf7e0994c4d03. Accessed 4 July 2023.
- Kamarudin Ngah, and Roslim Md. Akhir. *Desertasi*. 2012. Lim, Ar, and Chin Haw. *TYPE of THERMAL INSULATION for ROOF GBI PROFESSIONAL SERIES 2018 Seminar on MS 2680, Advance OTTV & Roof U-Value for Radiant Barrier 30*. 2018.
- Nor Hafizi Md Lani, et al. "Kajian Penuaian Air Hujan Di Malaysia: Prospek Dan Cabaran – Media Islam." *Laman Berita Islam Dan Politik*, 20 Sept. 2020, mediaislam.net/berita/2020/09/20/kajian-penuaian-air-hujan-di-malaysia-prospek-dan-cabaran/. Accessed 4 July 2023.
- O. Adekomaya, et al. "Exploring The Thermal Properties Of Fly Ashed-Based Geopolymer Materials For Cooling Application In Buildings." *Semantic Scholar*, 2017, www.semanticscholar.org/paper/EXPLORING-THE-THERMAL-PROPERTIES-OF-FLY-ASHED-BASED-Adekomaya-Jamiru/deccdb0317bd63a9ae135ee70868def7df88bd4c. Accessed 4 July 2023.
- Penyelidikan dan Inovasi Hijau. "3208 ANALISA PRESTASI PENGGUNAAN SISTEM PAIP DOMESTIK SEBAGAI PENYEJUKAN DINDING." *Www.youtube.com*, 2020, [youtube/iBdCyhbEOLA](https://www.youtube.com/watch?v=iBdCyhbEOLA). Accessed 4 July 2023.
- Perancangan, Jabatan, et al. *Sistem-Pengumpulan-Dan-Penggunaan-Semula-Air- Hujan*. 2012.
- Simon Low. "Kepentingan Sistem Pengumpulan Air Hujan (SPAH) - Jurutera Perunding Malaysia." *IPM*, 21 Nov. 2018, ipm.my/kepentingan-sistem-pengumpulan-air-hujan-spah/.
- Suhaimi. M. I. "Air Hujan Dikomersialkan Sebagai Minuman, Masuk Pasaran 2021 - I-Suke | MStar." www.mstar.com.my/xpose/isuke/2020/03/08/air-hujan-botol. Accessed 4 July 2023.