

Artikel

**Penggunaan, Cabaran, dan Hala Tuju Sistem Penuaian Hujan (Spah): Satu Penelitian Awal**  
*(The Utilization, Challenges, and Future Directions of Rainwater Harvesting Systems (SPAHS): A Preliminary Investigation)*

Roslaini Abdul Jalil\*, Nordin Sakke & Adi Jafar

Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, Universiti Malaysia Sabah, 88400,  
Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia

\*Pengarang Koresponden: [rosse234@gmail.com](mailto:rosse234@gmail.com)

Diserah: 1 Ogos 2024  
Diterima: 30 Oktober 2024

**Abstrak:** Perubahan iklim, perkembangan urbanisasi dan pertambahan penduduk antara faktor utama terjadinya penurunan tahap kualiti dan kuantiti bekalan sumber air dunia. Pelbagai langkah dan cara yang dilakukan bagi mengekang masalah dan isu ini termasuklah menambah baik Sistem Penuaian Hujan (SPAHS) seiring peredaran masa. Kajian ini cuba menilai keberkesanan dan kesesuaian penggunaan Sistem Penuaian Hujan (SPAHS) sebagai salah satu alternatif yang boleh digunakan dalam mengatasi kekurangan bekalan air dalam ruang lingkup Malaysia. Fungsi SPAHS dari aspek penggunaan dalam jangka masa panjang serta dampaknya terhadap masyarakat juga alam sekitar turut akan dibincangkan. Oleh itu, kajian ini dijalankan melalui kajian kepustakaan dan analisis kajian lepas. Secara umumnya, SPAHS ini adalah model yang dibangunkan sebagai alternatif bagi menggantikan kebergantungan terhadap sumber bekalan air bersih apabila krisis bekalan air berlaku. Walaupun SPAHS ini boleh diaplikasikan namun, dapat dilihat sistem ini hanya terhad kepada binaan pada skala yang kecil sahaja. Hasil analisis dan penelitian yang dijalankan, implikasi positif SPAHS ini dalam skop Malaysia lebih jelas kesannya dalam sektor pertanian dan kegunaan air hujan ini untuk kegunaan luaran sahaja. Justeru itu, kajian yang lebih teliti dan mendalam terhadap SPAHS ini dari semua aspek harus diteruskan bagi membolehkan sistem ini digunakan oleh setiap lapisan masyarakat mahupun diaplikasikan pada setiap bangunan supaya sumber air secara percuma ini tidak dibazirkan begitu sahaja.

**Kata Kunci:** SPAHS; alternatif; sumber; krisis; urbanisasi

**Abstract-** Climate change, urbanization, and population growth are primary factors contributing to the decline in the quality and quantity of global water supplies. Various measures have been implemented to address these challenges, including the improvement of Rainwater Harvesting Systems (RWHS) over time. This study aims to evaluate the effectiveness and suitability of the Rainwater Harvesting System (RWHS) as an alternative to address water supply shortages within Malaysia. The research includes a literature review and an analysis of previous studies. RWHS is developed as an alternative to reduce dependence on clean water supplies during water crises. However, its application is limited to small-scale installations. The analysis shows that the positive impacts of RWHS in Malaysia are more evident in the agricultural sector and for outdoor water use only. Therefore, further in-depth research on RWHS from all aspects should be continued to enable its use by all community levels and its application to every building, ensuring that this free water resource is well-utilized.

**Keyword:** Rainwater Harvesting Systems (RWHS); alternative; resources; crisis; urbanization

## Pengenalan

Peningkatan pembangunan di sesebuah kawasan adalah penting untuk kelangsungan kehidupan masyarakat. Tambahan lagi, kemajuan pembangunan ini juga melambangkan kejayaan sesebuah negara serta melambangkan taraf hidup masyarakatnya. Pembangunan yang berlaku juga akan saling berhubung kait dengan peningkatan populasi dan seterusnya akan memberikan tekanan terhadap sumber semulajadi (Saleh et al., 2022). Disebalik kewujudan pembangunan ini, masalah berkaitan turunnya tahap kualiti dan kuantiti alam sekitar juga akan berlaku. Sham (1982) menyatakan, sebahagian besar pencemaran alam sekitar yang berlaku adalah disebabkan oleh pembangunan ekonomi, pertambahan dan pertumbuhan penduduk serta perkembangan pesat sektor urbanisasi (Nayan et al., 2009). Faktor-faktor ini juga telah memberikan penekanan terhadap sumber air mentah negara. Penekanan ini akan menghasilkan tekanan kepada setiap masyarakat untuk mendapatkan bekalan air bersih sekiranya tekanan ini tidak diselesaikan.

Sebagai contoh, Ahmad (2000) dalam kajiannya telah mendapati perkembangan kawasan Lembah Klang yang berlaku dengan cepat dan tidak terancang telah menyebabkan berlakunya perubahan terhadap sistem saliran semula jadi seperti sungai yang telah tercemar dengan sangat teruk. Laporan daripada Jabatan Perangkaan Negara menyatakan pada tahun 2019, jumlah sungai yang dilaporkan tercemar adalah sebanyak 59 batang dan pencemaran tiga batang sungai di Selangor iaitu Sg. Selangor, Sg. Gong, dan Sg Batang Benar (Negeri Sembilan) pada akhir 2020 telah menyebabkan gangguan bekalan air kepada berjuta pengguna di kawasan sekitar (RMK-12, 2021). Terdapat banyak laporan media sosial yang menunjukkan kesusahan masyarakat dalam mencari sumber bekalan air sehinggakan mereka sanggup berbelanja lebih untuk membeli bekalan air bersih.

Berdasarkan bukti dan kenyataan ini, penduduk Malaysia harus bersiap sedia untuk menghadapi krisis sumber air bersih pada masa hadapan. Kajian yang dijalankan oleh National Water Resources menjangkakan, kawasan Putrajaya, Selangor, dan Kuala Lumpur akan menghadapi krisis air pada tahun 2050 (Syed, 2014). Sebagai rekod, Jabatan Meteorologi Malaysia (JMM) telah mengeluarkan kenyataan bahawa Malaysia akan mengalami fenomena El-Nino bermula Ogos 2023 hingga Januari 2024 dan fenomena ini bakal memberikan impak terhadap kuantiti sumber air negara. Fenomena ini mampu menyebabkan pengurangan terhadap ketersediaan sumber air berikutan sumber bekalan air yang merosot. Justeru itu, satu langkah proaktif perlu diwujudkan supaya sumber bekalan air dalam negara dapat diurus dengan sebaiknya. Pemilihan air hujan sebagai sumber air alternatif adalah satu langkah yang bijak supaya sumber air ini tidak dibazirkan begitu sahaja.

Langkah awal kerajaan mempromosikan SPAH adalah bagi membentuk masyarakat supaya tidak bergantung sepenuhnya terhadap sumber bekalan air bersih negara. Kempen-kempen dan hebahan SPAH sebagai alternatif menyelesaikan masalah kekurangan air sering dijalankan dalam memberikan pengetahuan terhadap seisi masyarakat. Permintaan untuk menggantikan penggunaan air hujan dalam kegunaan seharian terutamanya kegunaan luaran seperti membasuh dan mencuci adalah langkah yang seharusnya diikuti bagi menjamin kecukupan sumber air. Oleh itu, kajian ini cuba menilai keberkesanan dan kesesuaian penggunaan Sistem Penuaian Hujan (SPAH) sebagai salah satu alternatif yang boleh digunakan dalam mengatasi kekurangan bekalan air seperti yang disarankan oleh Kerajaan Malaysia.

## Latar Belakang SPAH di Malaysia

Sistem penuaian hujan (SPAH) merupakan satu kaedah atau teknik yang dibangunkan untuk tadahan sementara serta mengumpul air hujan yang turun sebelum digunakan. Dalam skop Malaysia, SPAH dianggap sebagai Kaedah Pengurusan Terbaik atau "*Best Management Practice (BMP)*" yang diamalkan di Malaysia (PLAN Malaysia, 2021). Tambahan lagi, Lani et al. (2018) juga menyatakan SPAH adalah satu teknik dimana pengumpulan air hujan dari bumbung bangunan serta pengumpulan air hujan daripada mana-mana kawasan tadahan (buatan manusia/semula jadi seperti batu) untuk kegunaan luaran. Menurut (Zaharuddin & Ahmad, 2021) pula, SPAH adalah teknologi yang digunakan untuk mengumpul dan menyimpan air hujan daripada bumbung untuk semua kegunaan. Jabatan Alam Sekitar pula menyatakan, SPAH merupakan satu teknik yang boleh digunakan untuk mengurangkan penggunaan air terawat disamping menjadi sumber air baru negara juga masyarakatnya (Saleh et al., 2022).

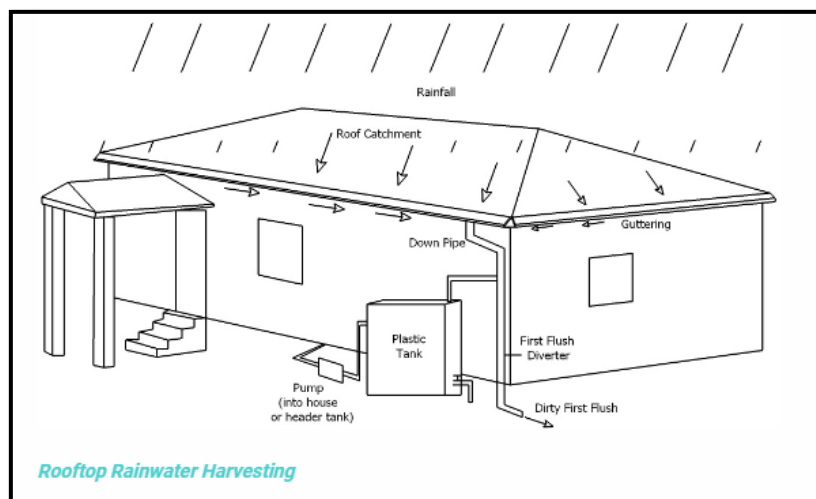
Berawal daripada fenomena kemarau yang berlaku pada hujung 80-an, SPAH telah diperkenalkan oleh mantan perdana menteri pada waktu itu, Tun Abdullah Ahmad Badawi sebagai alternatif untuk gantian sementara bekalan air yang terputus. Inisiatif yang dijalankan oleh pihak Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan (KPKT) pada masa tersebut dalam menyambut idea ini adalah dengan mengeluarkan 'Guidelines For Installing a Rainwater Collection and Utilization Systems' pada tahun 1999 sebagai rujukan bagi memperkenalkan SPAH kepada umum. Pada awalnya, teknik ini diperkenalkan dengan memfokuskan konsep mini empangan dan takungan bersaiz sederhana di kawasan tumpuan penduduk sebagai gantian kepada empangan utama (Shaari et al., 2009).

Pada tahun 2004, teknik SPAH mula diperkenalkan sebagai kaedah menampung air hujan melalui bumbung bangunan di Malaysia. Berdasarkan panduan ini, SPAH telah dibina secara berperingkat di beberapa bangunan dan perumahan dalam negara. Pembinaan yang dijalankan pada peringkat awal adalah hanya menggunakan kaedah SPAH yang asas. Antara bangunan pertama yang menggunakan SPAH adalah Ibu Pejabat JPS Kuala Lumpur dan Perumahan Rakyat Sandakan, Sabah. Sesuai peredaran masa, kerajaan Malaysia telah mewajibkan setiap bangunan yang mempunyai keluasan bumbung melebihi 100m<sup>2</sup> seperti pejabat kerajaan, pasar raya, sekolah, masjid, kilang, banglo, dan sebagainya harus mengaplikasikan SPAH pada binaan ini sejak tahun 2006. Tambahan lagi, setiap pemaju juga harus mengikut piawaian yang telah ditetapkan di bawah Akta Bangunan Kecil Seragam (UKBS) 1984 dengan memastikan borang permohonan pelan bangunan lengkap berdasarkan Akta UKBS 1984 (Shareh Musa et al., 2017).

Secara umumnya, aplikasi SPAH ini mempunyai dua teknik utama iaitu pengumpulan air hujan melalui bumbung bangunan sebagai kawasan tadahan ataupun menggunakan permukaan kawasan lapang/terbuka untuk menadah air. Tadahan kawasan lapang/terbuka ini kebiasaannya digelar *in-situ detention* berikutan pengumpulan air hujan yang hanya bergantung dengan permukaan tanah sahaja (Ranasinghe, 2019). Manakala, tadahan yang menggunakan bumbung dinamakan *rooftop RWHS*. SPAH juga dapat dikelaskan berdasarkan tiga skala utama iaitu kecil, sederhana, dan besar. Saiz ini akan menentukan seberapa banyak kuantiti air hujan yang boleh dikumpul (Mohammed et al., 2009). Antara contoh aplikasi SPAH yang telah dibina dalam Malaysia beserta teknik yang digunakan adalah seperti jadual 1.

Seterusnya, SPAH ini mempunyai komponen-komponen khas sebagai perantara untuk membolehkan air hujan disalurkan ke dalam kawasan takungan. Lima komponen utama bagi SPAH mengikut para pengkaji bidang ini adalah (rujuk rajah 1):

- i. Kawasan Tadahan  
Permukaan bumbung/tempat yang menerima titisan hujan secara langsung. Mempunyai fungsi sebagai pintasan atau tadahan sementara.
- ii. Gutter/ Saluran  
Merupakan saluran yang membawa air hujan ke dalam takungan. Kebiasaannya dipasang di sisi bumbung. Dilingkapi oleh penapis.
- iii. First Flush/ Penapis  
Alat yang menghalang bendasing masuk ke dalam takungan air pada awalan hujan. Terdiri daripada lapisan plastik/kain.
- iv. Takungan/ Simpanan  
Tempat kumpulan air hujan. Terdiri daripada pelbagai saiz dan bentuk bergantung kepada kuantiti air yang mahu ditakung.
- v. Paip Agihan  
Saluran paip yang digunakan untuk mengagihkan air hujan daripada takungan kepada bahagian lainnya. Disarankan paip yang berbeza daripada paip sumber air terawat.



Rajah 1. Lakaran Sistem Penuaian Hujan (SPAH)  
 Sumber: Varad Shende (Ecosan Services Foundation (ESF))

Jadual 1. Contoh SPAH dan teknik yang digunakan

Teknik	Lokasi	Seliaan
Bangunan	Ibu Pejabat JPS, KL	Kerajaan
Bangunan	SK Chabau, Melaka	Kerajaan
Bangunan	Masjid Al-Muttaqin, KL	Swasta
Bangunan + in-situ detention	Bangunan Parlimen Malaysia	Kerajaan + Swasta
Bangunan + in-situ detention	Universiti Tun Hussein Onn	Swasta
Bangunan + in-situ detention	28 buah Kolam Sekitar Selangor	Kerajaan + Swasta

Terdapat pelbagai kegunaan yang boleh dilakukan dengan menggunakan air tuaian hujan. Di Malaysia, air tuaian hujan ini hanya disarankan untuk kegunaan luaran atau domestik sahaja seperti basuhan kenderaan, siraman tanaman, mandi, dan sebagainya. Bagi kegunaan dalaman seperti air minum dan memasak, pihak Institut Penyelidikan Air Kebangsaan Malaysia (NAHRIM) dan JPS telah menyarankan bahawa air tuaian hujan perlulah dirawat terlebih dahulu sebelum digunakan. Disebalik usaha, kejayaan, dan penyelidikan yang telah dijalankan ini, SPAH masih terlilit dengan pelbagai isu dan persoalan yang menyukarkan penerimaan aplikasi ini di Malaysia.

**Metodologi Kajian**

Penulisan artikel ini adalah berdasarkan artikel ulasan naratif yang tidak memerlukan metodologi yang bersifat khusus. Ulasan naratif juga memberikan satu bentuk kajian yang memberikan ulasan secara meluas dan dapat mencerminkan hala tuju kajian pada masa hadapan (Baier et al., 2006). Kajian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan menggunakan kaedah kajian kepustakaan. Kajian ini dijalankan dengan yang memerlukan pengkajian merujuk kepada kajian-kajian lepas yang telah diterbitkan. Kajian-kajian lepas ini termasuklah daripada pengkaji di peringkat universiti awam atau swasta, badan berkanun, mahupun pihak-pihak NGO. Bahan-bahan rujukan ini digelar sebagai sumber sekunder dalam kaedah penyelidikan. Pencarian bahan rujukan adalah menggunakan langkah memasukkan kata kunci yang berkaitan dengan tajuk kajian di laman web *Google Scholar* dan *Mendeley* bagi mendapatkan bahan rujukan. Antara kata kunci yang digunakan adalah seperti *Rainwater Harvesting Systems (RWHS)*, SPAH, pengurusan sumber air, alternatif sumber air, krisis bekalan air bersih dan penswastan air bersih. Kajian daripada pengkaji lepas diteliti daripada kajian yang diterbitkan dari tahun 2007 hingga tahun 2023. Seterusnya, data dan bahan rujukan yang diperolehi akan dianalisis menggunakan pendekatan analisis trend dan perbandingan kajian. Pendekatan analisis trend ini adalah bagi melihat bagaimana penemuan data dan perubahan pandangan pengkaji berkaitan kajian dari tahun

2007 hingga tahun 2023. Manakala, analisis perbandingan kajian pula adalah bagi melihat perbezaan dan persamaan penemuan kajian lepas yang menjurus kepada kajian yang dijalankan.

## Hasil Kajian dan Perbincangan

### 1. Cabaran

#### *Penawaran Air vs Permintaan Air*

Walaupun Malaysia menerima jumlah purata hujan yang tinggi iaitu hampir 2400 mm setahun dan masih mampu menampung sumber air mentah negara, namun dalam jangka masa panjang kuantiti ini dilihat semakin menurun. Harus diingatkan bahawa jumlah sumber bekalan air juga boleh berkurangan sekiranya ketiadaan pengurusan yang sistematik. Sebagai contoh, kajian oleh Mohd. Shahwahid et al. (2009), kerajaan Malaysia telah membelanjakan hampir RM 9 bilion untuk menghasilkan kira-kira satu bilion liter air bersih (sehari) bagi kegunaan penduduk Selangor dan Kuala Lumpur. Laporan Water Sector Transformation 2040 menyatakan untuk menjamin jumlah penawaran air yang mencukupi memerlukan perbelanjaan yang tinggi, namun kadar tarif air di Malaysia yang rendah telah menyebabkan ketidakmampuan pembayaran kos rawatan konvensional air (Jabatan Perdana Menteri, 2022). Walhal, melalui kaedah rawatan konvensional juga tidak lagi berkesan untuk menyingkirkan bendasing yang boleh mencemarkan sumber air (Rohani et al., 2022).

Tambahan lagi, jumlah permintaan bekalan air bersih masyarakat Malaysia dilihat semakin meningkat tahun demi tahun. Berdasarkan laporan, jumlah permintaan bekalan air bersih ini adalah sebanyak 10.4 bilion m<sup>3</sup> pada tahun 1998 dan meningkat kepada 12.1 bilion m<sup>3</sup> pada tahun 2010. Dianggarkan jumlah ini akan terus meningkat kepada 17.7 bilion m<sup>3</sup> pada tahun 2050 (Lani et al., 2018). Secara umumnya, krisis bekalan air kebiasaannya sering dilaporkan di kawasan bandar dan kawasan padat penduduk seperti Selangor, Pulau Pinang, Kuala Lumpur, dan sebagainya. Sebagai contoh, penutupan sementara Loji Rawatan Air Sg. Selangor akibat pencemaran telah menjejaskan hampir 1.1 juta penduduk di sekitar Kuala Lumpur dan Selangor. Laporan media sosial menyatakan, penduduk di Pulau Pinang telah membuat pembelian secara besar-besaran terhadap air mineral botol sebagai langkah mengatasi bekalan air terawat yang terputus.

Daripada pernyataan ini dapat disimpulkan bahawa, masyarakat umumnya dan Kerajaan Malaysia khususnya masih kurang kesedaran untuk menjalankan dan menggunakan langkah alternatif SPAH ini sebagai persediaan untuk menghadapi krisis air pada masa akan datang. Tambahan lagi, pembangunan pesat dan peningkatan populasi dalam negara juga akan meningkatkan keperluan air bersih walaupun tahap kuantiti sumber air semakin berkurangan (Saleh et al., 2022). Analisis oleh Zaharuddin dan Ahmad (2022) terhadap kajian pengaplikasian SPAH di tiga buah universiti tempatan oleh pengkaji yang berbeza telah mendapati, sistem ini mampu memberikan penjimatan terhadap bayaran bil air namun masih belum mampu untuk mencapai jumlah permintaan air terawat oleh masyarakat di kawasan tersebut.

#### *Kualiti Sumber Air*

Timbul persoalan bagaimana untuk meningkatkan persepsi masyarakat untuk menggunakan air tuaian hujan dalam kehidupan seharian. Walaupun air tuaian hujan ini tidak dapat digunakan secara sepenuhnya, namun masih boleh digunakan sebagai sumber alternatif. Pemasangan 'first flush' atau penapis dengan tujuan untuk membuang kotoran bawaan hujan di peringkat awal masih belum dapat meyakinkan masyarakat untuk menggunakan air hujan dalam kehidupan seharian. Masyarakat lebih sanggup untuk membeli air mineral di pasaran daripada menadah air hujan. Tambahan lagi, sekiranya takungan hujan dijalankan secara skala kecil iaitu dengan hanya menggunakan baldi-baldi kecil sahaja, ini akan menggalakkan pembiakkan nyamuk. Pernyataan ini disokong oleh Shaari et al. (2007) dalam kajiannya dengan nilai 28% responden bersetuju.

Tambahan lagi, bagi meningkatkan tahap kepercayaan masyarakat untuk terus menggunakan SPAH dalam kehidupan, terdapat banyak kajian yang dijalankan oleh penyelidik daripada universiti tempatan dengan tujuan sebagai rujukan kepada organisasi dan individu yang ingin mengaplikasikan SPAH di kediaman masing-masing. Sebagai contoh Sultana et al., (2015) dalam kajiannya menjalankan analisis tahap kualiti air tuaian hujan dengan menguji parameter *Dissolved Oxygen* (DO) dan pH sebagai minimal analisis kualiti air.

Manakala, analisis menggunakan parameter kualiti air yang berbeza iaitu TSS, COD, NH<sub>3</sub>N juga pernah dijalankan (Shaheed & Mohtar, 2015). Kajian oleh Razali et al. (2022) menggunakan kesemua parameter dan tambahan parameter e-coli dan total coliform sebagai analisis tahap kualiti air tuaian hujan. Secara umumnya, analisis tahap kualiti ini dijalankan bagi menilai kemampuan penggunaan air tuaian tersebut untuk digunakan bagi keperluan domestik, luaran ataupun sebaliknya. Penilaian ini adalah berdasarkan pengkelasan indeks kualiti air daripada JPS Malaysia seperti rajah 2.

PENGKLASIFIKASIAN STATUS KUALITI AIR SUNGAI BERDASAKAN INDEKS KUALITI AIR						
PARAMETER	INDEKS					
	BERSIH	SEDERHANA TERCEMAR	TERCEMAR			
Biochemical Oxygen Demand (BOD)	91 - 100	80 - 90	0 - 79			
Ammoniacal Nitrogen (NH <sub>3</sub> -N)	92 - 100	71 - 91	0 - 70			
Total Suspended Solids (TSS)	76 - 100	70 - 75	0 - 69			
Indeks Kualiti Air (IKA)	81 - 100	60 - 80	0 - 59			

PENGKELASAN KUALITI AIR SUNGAI BERDASAKAN INDEKS KUALITI AIR						
PARAMETER	UNIT	KELAS				
		I	II	III	IV	V
Ammoniacal Nitrogen	mg/L	< 0.1	0.1 – 0.3	0.3 – 0.9	0.9 – 2.7	> 2.7
Biochemical Oxygen Demand	mg/L	< 1	1 – 3	3 – 6	6 – 12	> 12
Chemical Oxygen Demand	mg/L	< 10	10 – 25	25 – 50	50 – 100	> 100
Dissolved Oxygen	mg/L	> 7	5 – 7	3 – 5	1 – 3	< 1
pH	-	6.5-8.5	6-9	5-9	5-9	-
Total Suspended Solid	mg/L	< 25	25 – 50	50 – 150	150 – 300	> 300
Indeks Kualiti Air (IKA)		> 92.7	76.5 – 92.7	51.9 – 76.5	31.0 – 51.9	< 31.0 <sub>in</sub>

Rajah 2. Indeks Kualiti Air Negara  
Sumber: Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia (2015)

Aspek kualiti air tuaian hujan ini juga harus membincangkan faktor yang sering dikaitkan dengan penurunan kualiti sumber air alternatif ini. Tahap kualiti air hujan ini sangat dipengaruhi oleh jenis kawasan tadahan, iklim dan tahap pencemaran udara bagi kawasan tersebut (Sultana et al., 2015). Penekanan terhadap kajian dan penyelidikan yang telah dijalankan berkaitan SPAH perlu disampaikan kepada masyarakat bagi meningkatkan tahap pengetahuan masyarakat terhadap SPAH. Sebagai contoh, kajian yang dijalankan oleh pihak NAHRIM telah menyarankan bahawa air hujan pada seawal turunnya hujan perlu dibuang untuk memastikan tahap kualiti air takungan hujan lebih bersih. Mohammed et al. (2009) menyatakan, air hujan pada tiga minit hingga 5 minit pertaman hujan mengandungi tahap kotoran yang tinggi dan perlulah dibuang.

### *Kos Pemasangan & Penyelenggaraan*

Dalam mengaplikasikan SPAH di kediaman, pengguna juga harus mengambil kira beberapa aspek penting untuk membolehkan SPAH ini berjaya. Antara aspek yang harus dilihat adalah jumlah hujan, saiz takungan, kos pemasangan serta kos penyelenggaraan pada masa akan datang. Lani et al. (2018) menyatakan, kos pemasangan SPAH di Malaysia hampir mencecah RM 20 ribu hingga RM 50 ribu bergantung juga kepada saiz dan keluasan bangunan. Manakala Lee et al. (2016) pula menyatakan kos pemasangan SPAH di kediaman pula adalah diantara RM 1800 hingga RM 13000 bagi rumah yang mempunyai keluasan bumbung melebihi 60m<sup>2</sup>. Ironinya, masyarakat Malaysia yang menjalankan SPAH adalah masyarakat dalam golongan B40 (pendapatan dibawah RM1200) ataupun masyarakat yang tinggal di kawasan luar bandar. Sebagai contoh, masyarakat di kawasan pendalaman Serawak (Miri, Lawas, Ulu Baram) yang sepenuhnya bergantung dengan air hujan sebagai sumber air utama mereka (Kuok et al., 2022). Manakala, masyarakat di Pulau Sebatik, Sabah pula menggunakan air hujan sebagai sumber air kedua dalam kehidupan (Jafar et al., 2021). Hal ini jelas menyatakan masih terdapat masyarakat yang mahu menggunakan SPAH namun dengan teknik yang mudah dan kos yang minimal.

Seterusnya, terdapat pelbagai bukti dan analisis yang telah dijalankan dalam melihat keberkesanan sistem ini dari aspek manfaat terhadap ekonomi. Namun, analisis yang telah dijalankan lebih memfokuskan kepada bangunan komersial berikutan kemampuan sistem ini dalam menurunkan kos bayaran tarif air yang

tinggi. Tambahan lagi, pembinaan sistem ini dilihat lebih sistematik sekiranya sistem ini dibina atau dipasang pada peringkat awal bangunan dibina (Lani et al., 2018). Langkah ini akan dapat mengurangkan kos penyelenggaraan komponen SPAH. Perbincangan antara pemilik kediaman dan pemaju harus dijalankan bagi mendapatkan kawasan yang sesuai untuk letakan tangki adalah tersusun dan sistematik disamping saiz takungan juga harus mencukupi untuk kegunaan oleh isi rumah (Shareh Musa et al., 2017). Perbincangan ini akan dapat mengelakkan percanggahan yang berkaitan SPAH pada masa hadapan yang mana akan meningkatkan kos penyelenggaraan SPAH.

Tambahan lagi, kekurangan sokongan daripada pihak kerajaan dalam memberikan galakkan untuk penggunaan dan pemaju dalam mengaplikasikan SPAH juga menjadi faktor tidak ramai pemaju yang cenderung menawarkan perkhidmatan pemasangan SPAH (Lani et al., 2018). Antara langkah yang boleh disediakan adalah seperti memberikan subsidi dan diskaun kepada pemaju untuk mengurangkan kos penyediaan komponen SPAH. Sebagai contoh, kerajaan Jepun telah memberikan subsidi dan faedah yang berpatutan kepada pihak pemaju swasta yang bersedia menjalankan perniagaan berkaitan RWHS (seliaan teknik dan barangan komponen) di negara tersebut (Furumai et al., 2008). Manakala, bagi Brunei pula, pihak kerajaan juga telah melantik pemaju khas yang memenuhi syarat dan kriteria khas bagi membantu individu yang ingin memasang SPAH di kediaman mereka (Kapli et al., 2023).

### *Reka Bentuk*

Dalam kajian di Malaysia, NAHRIM adalah organisasi yang terlibat secara langsung dalam membentuk dan mereka susun atur letakan SPAH di kediaman individu atau bangunan yang bersesuaian. Antara kajian yang telah dijalankan oleh pihak NAHRIM adalah menghasilkan pengiraan dan model bagi aplikasi SPAH dan menghasilkan contoh reka bentuk SPAH sebagai rujukan untuk masyarakat dan pemaju. Reka bentuk dan susun atur ini yang digelar *Guidelines For Installing a Rainwater* mempunyai beberapa pilihan yang berbeza dari aspek kedudukan tangki takungan dan saluran perpaipan. Oleh itu, individu yang berhasrat untuk membina SPAH disarankan menggunakan panduan ini untuk memudahkan SPAH dijalankan. Disamping itu juga, contoh reka bentuk yang digunakan adalah bagi kediaman yang mempunyai saiz keluasan bumbung 60 m<sup>2</sup> sahaja dan bangunan yang mempunyai bukaan bumbung yang khas sahaja. Keluasan bumbung bangunan seperti pusat beli-belah, pusat sukan, pasar dan sebagainya yang melebihi 100 m<sup>2</sup> disarankan untuk memiliki minimal satu tangki takungan bersaiz 5 m<sup>3</sup> supaya SPAH yang dijalankan adalah seimbang antara faktor tadahan dan takungan. Walaupun saranan dan panduan ini telah diteliti oleh pihak berkuasa dengan tujuan untuk memudahkan pemasangan aplikasi SPAH, namun perkara ini akan menyukarkan pengguna dan pemaju bagi memiliki SPAH berdasarkan kemampuan pendapatan masing-masing.

Tambahan lagi, pihak NAHRIM juga telah menyatakan bagi kediaman yang ingin menjalankan SPAH juga perlu membezakan saluran paip iaitu dengan menggunakan paip berwarna hijau bagi aliran air hujan. Hal ini supaya pengguna boleh membezakan saluran yang berbeza berikutan saranan air hujan hanya digunakan untuk kegunaan luaran sahaja. Lani et al. (2018) juga mencadangkan pengasingan tangki bagi air hujan yang dikumpul. Walaupun kaedah ini dilakukan untuk memudahkan masyarakat dan menjayakan SPAH, namun ianya juga dilihat sukar untuk dituruti oleh sesetengah masyarakat. Tambahan lagi jika dilihat daripada kajian-kajian lalu, sistem SPAH ini lebih banyak digunakan oleh masyarakat di kawasan luar bandar dan mempunyai kediaman yang sedikit kecil daripada nilai yang dikeluarkan oleh pihak NAHRIM. Sebagai contoh, masyarakat di kawasan luar bandar Sabah dan masyarakat pendalaman Serawak. Penggunaan paip dan saluran yang berbeza ini akan meningkatkan kos bahan pembinaan SPAH.

Pendebatan awam berkaitan sistem ini juga melibatkan letak duduk takungan air tuaian hujan. Kajian yang dijalankan oleh Meryam et al. (2017) juga mendapati, terdapat sebahagian masyarakat yang menolak pembinaan SPAH berikutan masalah ketidakcukupan ruang di kediaman mereka. Isu ini timbul apabila masyarakat adalah bukan pemilik asal kediaman ataupun mereka tidak memiliki kawasan lapang yang mencukupi untuk letakan tangki. Isu-isu ini sememangnya menyukarkan SPAH untuk terus digunakan. Kajian oleh Shaari et al. (2007) juga mendapati, 32.5% masyarakat di kawasan kajiannya bersetuju bahawa SPAH tidak mempunyai reka bentuk yang sesuai untuk digunakan. Justeru itu, aspek reka bentuk SPAH perlu ditambahbaik supaya sistem ini dapat memudahkan pemasangan oleh pemaju dan memudahkan pengguna.

## 2. Hala Tuju

### *Masih Relevankah?*

Kemampuan sistem ini untuk berfungsi dengan baik juga bergantung terhadap aspek-aspek seperti kuantiti hujan, saiz tangki, kos pemasangan, jumlah penggunaan air, dan sebagainya. Justeru itu, keperluan untuk meningkatkan keupayaan sistem ini harus sentiasa dilakukan. Selain daripada penyelidikan dan kajian yang dilakukan oleh penyelidik daripada universiti tempatan, NAHRIM juga merupakan satu organisasi yang bertanggungjawab dalam menjalankan kajian berterusan terhadap keupayaan SPAH di Malaysia. Antara kajian perisian yang telah berjaya dibangunkan adalah seperti perisian pengiraan Tangki NAHRIM 1.0 (TN) pada tahun 2010 dan perisian ini ditambahbaik pada tahun 2020 dinamakan Tangki NAHRIM 2.0 (TN2.0). Kedua-dua perisian ini dibangunkan dengan tujuan untuk mengangarkan jumlah air hujan yang boleh ditadah di sesuatu kawasan serta mencadangkan jumlah takungan yang boleh digunakan berdasarkan keadaan iklim di sesebuah kawasan (NAHRIM, 2014.; 2020). Namun, perisian yang dibangunkan masih mempunyai kekurangan. Aspek reka bentuk dan keuntungan jangka panjang juga perlu ditambah dalam perisian ini (Lani et al., 2018).

Manakala, dari aspek kualiti pula adalah perkaitan air hujan dan kesihatan individu untuk menggunakan SPAH dalam kehidupan seharian. Kajian yang dijalankan oleh (Hamid & Nordin, 2011; Razali et al., 2022; Sultana et al., 2015) menyatakan bahawa, air hujan adalah selamat untuk terus digunakan bagi kegunaan domestik tetapi masih memerlukan rawatan ringkas. Antara rawatan air yang telah digunakan adalah seperti *disinfection*, *slow sand filtration*, *membrane filtration*, *pasteurization*, *ozonation*, dan *adsorption* (Lani et al., 2018). Walaupun teknik rawatan air ini digunakan di luar negara, pengkaji dalam negara masih boleh mencuba untuk mengaplikasikan teknik rawatan ini terhadap air hujan di Malaysia.

Jadual 2. Antara contoh kajian teknik rawatan air tuaian hujan

Teknik Rawatan	Rujukan	Tajuk Kajian	Penerangan
Disinfection	(Kuok et al., 2022)	Sustainable Clean Water Production Using Bamboo Activated Carbon for Rural Residents in the Borneo Island	300ml sampel air hujan didedahkan selama 10 minit dengan 6w lampu UV dan hasil akhir mendapati air hujan adalah sangat bersih dan boleh dikategorikan dalam Class 1 Indek Kualiti Air (IKA).
	(Latif et al., 2022)	Disinfection Methods For Domestic Rainwater Harvesting Systems: A Scoping Review	Penggunaan cairan klorin sebagai teknik rawatan air adalah murah dan mudah bagi penduduk luar bandar dan hasilnya air hujan dapat digunakan untuk tujuan minuman.
Slow Sand Filtration	(Ashanka et al., 2022)	Development of a cost-effective activated carbon incorporated sand gravel filter for rainwater treatment	Lapisan pasir halus, arang, pasir kasar dan batu kelikir disusun sebagai penapis air hujan. Komposisi carbon yang terhasil dapat meningkatkan kualiti air.
	(Liu et al., 2019)	Applying Bio-Slow Sand Filtration for Water Treatment	Lapisan pasir halus, arang, pasir kasar dan batu kelikir disusun sebagai penapis air hujan. Tahap kualiti air meningkat setelah bakteria dan <i>microbiologi</i> lain diasingkan.
Membrane Filtration	(Dao et al., 2013)	Benefit of the Drinking Water Supply System in Office Building by Rainwater Harvesting – A Demo Project in Hanoi, Vietnam	Air tuaian hujan di rawat menggunakan <i>Membrane Systems</i> dan hasil selepas rawatan adalah kualiti air adalah bersamaan dengan standart kualiti air yang dibotolkan.
	(Kus et al., 2013)	Gravity driven membrane filtration system to improve the water quality in rainwater tanks	Gabungan teknik <i>Membrane Filtration</i> dan <i>Deep Bed Filtration</i> telah menghasilkan air tuaian hujan yang mematuhi standart kualiti air kawasan kajian.
Pasteurization	(Dobrowsky et al., 2015)	Efficiency of a closed-coupled solar pasteurization system in treating roof harvested rainwater	Penggunaan <i>Solar Pasteurization Systems</i> untuk mengurangkan bakteria dan <i>microbiologi</i> dalam air tuaian hujan dilihat kurang berhasil.
	(Strauss et al., 2016)	Comparative analysis of solar pasteurization versus solar disinfection for the treatment of harvested rainwater	Penggunaan rawatan <i>Solar Pasteurization</i> dilihat kurang berkesan berbanding rawatan <i>Solar Disinfection</i>



Pemasangan SPAH perlulah mendapatkan kelulusan daripada pihak berkuasa Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan (KPKT). Walaupun SPAH ini telah melalui beberapa kali semakan dan pindaan dalam akta kerajaan Malaysia namun, pelaksanaan dasar terhadap penggunaan SPAH di Malaysia masih lemah. Sebagai contoh, walaupun terdapat dalam akta kerajaan Malaysia yang mewajibkan bangunan kerajaan untuk menggunakan SPAH sebagai alternatif air namun, sehingga kini hanya terdapat beberapa buah negeri (melalui PBT) yang mengikut saranan ini. Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS) adalah antara organisasi yang berusaha menjalan SPAH. Jika diperhatikan, hanya 10 buah pejabat JPS di Malaysia yang telah berjaya menggunakan SPAH sebagai sumber air sampingan (rujuk jadual 3). Persoalannya, mengapakah perkara seperti ini berlaku. Dimanakah kuasa pemantauan dan siapakah yang bertanggungjawab untuk dalam bidang kuasa ini. Justeru itu, satu dasar yang lebih holistik perlu dirangka bagi menyelaraskan kedudukan SPAH dalam undang-undang kerajaan Malaysia.

Jadual 3. Senarai JPS yang telah menggunakan SPAH

Negeri	Jabatan
Kuala Lumpur	Ibu Pejabat JPS
Pahang	1. JPS Bera 2. JPS Raub
Pulau Pinang	1. JPS Balik Pulau 2. JPS Seberang Perai
Kedah	JPS Langkawi
Kelantan	JPS Pasir Putih
Terengganu	JPS Kuala Berang
Perak	JPS Ipoh
Serawak	JPS Miri

Isu penswastaan air di Malaysia turut dilihat sebagai pendorong dalam usaha meneruskan SPAH diaplikasikan. Inisiatif penswastaan air ini dijelaskan sebagai memberikan kuasa kepada pihak kedua dalam menguruskan dalam hal berkaitan sumber air termasuklah menghasilkan air yang bersih dan mengagihkan air yang bersih kepada penduduk (Dewan Negeri Selangor, 2015). Aspek penswastaan air ini telah lama dibahaskan di Malaysia sejak tahun awal 90-an lagi setelah krisis air berlaku (Daniel, 1994). Secara logiknya, penswastaan air ini akan melaksanakan kadar tarif yang tinggi terhadap penggunaan air oleh masyarakat. Di Malaysia, Johor, Selangor, Pulau Pinang adalah antara negeri yang telah menswastakan sepenuhnya sektor air negeri. Dinyatakan kadar tarif negeri ini iaitu Johor (RM2.21 sen/m<sup>3</sup>), Selangor (RM1.50 sen/m<sup>3</sup>), dan Pulau Pinang (RM2.50 sen/m<sup>3</sup>) adalah tinggi berbanding negeri Pahang, Perlis, dan sebagainya yang mempunyai kadar tarif diantara RM0.80 – RM1.40 sen/m<sup>3</sup> sahaja (SPAN, 2022). Kadar tarif yang tinggi ini tentunya akan sedikit membebaskan masyarakat. Dengan jangkaan ini, pemilihan SPAH dianggap sebagai satu kaedah alternatif yang bakal membantu dalam menjimatkan penggunaan air semasa rakyat. Saranan daripada pihak pengurusan air di setiap negeri terhadap masyarakat untuk terus menjimatkan harus dilakukan dengan sepenuhnya.

## Kesimpulan

Kesimpulannya, SPAH di Malaysia telah mendapat tempat dalam kalangan masyarakat malah kerajaan sendiri. Namun, masih terdapat lompong yang harus diperbetulkan oleh pihak berkuasa. Sebagai contoh, subsidi atau bantuan khas dari pihak kerajaan iaitu bilamana bil air dibawah RM20 tidak perlu dibayar atau Skim Air Darul Eksan (SADE) yang berlandaskan pemberian bantuan air percuma (air terawat) kepada golongan berpendapatan tidak melebihi RM4000 mampu merencatkan persepsi masyarakat dalam penggunaan SPAH ini. Hal ini kerana, masyarakat tidak akan melihat air tuaian hujan sebagai satu kepentingan berbanding dengan cara terus menjimatkan sumber air yang ada daripada menadah air hujan yang masih diragui kebersihannya. Persepsi masyarakat terhadap kesukaran mengurus SPAH perlu dibendung dari peringkat sekolah hingga ke peringkat pengajian tinggi melalui kajian dan keilmuan yang berkaitan.

Tambahan lagi, akta dan polisi berkaitan SPAH yang telah diwujudkan untuk pembangunan SPAH di Malaysia perlulah dipatuhi oleh semua pihak sama ada masyarakat, pemaju dan juga kerajaan itu sendiri. Pada masa ini, SPAH hanya berlandaskan pekar-pekar yang tertulis dalam Akta Bangunan Kecil Seragam (UKBS) 1984 dan pelaksanaan akta ini dibawah kuasa kerajaan negeri berbanding kerajaan persekutuan. Melalui akta ini, dinyatakan aplikasi SPAH perlu dipasang di setiap bangunan yang mempunyai keluasan bumbung melebihi 100m<sup>2</sup> (NAHRIM, 2014). Perbezaan ini bidang kuasa ini telah menyebabkan penggunaan SPAH adalah tidak wajib di beberapa negeri di Malaysia. Hal ini seterusnya boleh menjejaskan kuasa dan denda yang harus dikenakan sekiranya terdapat pihak yang tidak mengikuti akta ini.

Langkah kerajaan bagi menyelaraskan SPAH di semua peringkat perlaksanaan dilihat sebagai sebuah langkah yang positif untuk memastikan ilmu SPAH ini terus digunakan. Seterusnya, selaras dengan penyataan yang terdapat di dalam RMK-12 untuk menaik taraf aspek *Integrated Water Resources Management (IWRM)* iaitu dengan menyediakan 98% liputan sumber air bersih dan selamat ke kawasan luar bandar dengan salah satunya menggunakan SPAH dapat dicapai. Hal ini seterusnya akan memberikan manfaat terhadap masyarakat dan negara amnya. Selaras dengan kepentingan SPAH yang dibangunkan untuk memaksimumkan sumber air negara bagi kelangsungan hidup penduduknya. Ilmu dan manfaat SPAH ini perlu terus diterapkan dalam semua peringkat pendidikan bagi membentuk generasi yang cakna dengan sumber-sumber alam yang harus dilindungi untuk kegunaan jangka masa panjang. Justeru itu, SPAH adalah wajar diteruskan dan dibangunkan dalam jangka masa panjang.

**Penghargaan:** Sekalung penghargaan diucapkan kepada semua penulis atas kerjasama dan ilmu dalam menyelesaikan artikel ini.

**Konflik Kepentingan:** Semua penulis menyatakan tidak mempunyai konflik kepentingan

## Rujukan

- Ahmad, J. S. (2000). Utilising rainwater for non-potable domestik uses and reducing peak urban runoff in Malaysia.
- Ashanka, P. H., Prasasthi, M. A. A., Ratnayake, R. R. P. N., Pathmalal, M. M., & Idroos, F. S. (2022). Development of a cost-effective activated carbon incorporated sand gravel filter for rainwater treatment. *International Journal of Multidisciplinary Studies*, 9(2), 34–43.
- Baier, N., D. Johnson, C., & Adams, A. (2006). Writing Narrative Literature Reviews For Peer-Reviewed Journals: Secrets For The Trade. *Journal of Chiropractic Medicine*, 5(3), 101–117. [https://doi.org/10.1162/ling\\_a\\_00246](https://doi.org/10.1162/ling_a_00246)
- Dao, A. D., Nguyen, V. A., & Han, M. (2013). Benefit of the drinking water supply system in office building by rainwater harvesting: A demo project in Hanoi, Vietnam. *Environmental Engineering Research*, 18(2), 103–108. <https://doi.org/10.4491/eer.2013.18.2.103>
- Dobrowsky, P. H., Carstens, M., De Villiers, J., Cloete, T. E., & Khan, W. (2015). Efficiency of a closed-coupled solar pasteurization system in treating roof harvested rainwater. *Science of The Total Environment*, 536. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.126>
- Furumai, H., Kim, J., Imbe, M., & Okui, H. (2008). Recent application of rainwater storage and harvesting in Japan. *IWA Conference*, 1–7.
- Hamid, T. A., & Nordin, B. (2011, June). Green campus initiative: Introducing RWH system in Kolej Perindu 3 UiTM Malaysia. *2011 3rd International Symposium & Exhibition in Sustainable Energy & Environment (ISESEE)*. <https://doi.org/10.1109/ISESEE.2011.5977121>
- Jafar, A., Sakke, N., Mapa, M. T., Dollah, R., Joko, E. P., Atang, C., Mohd Radzi, M., & Alimuddin, A. H. (2021). Water Security Issues in Inhabited Islands: A Survey on Domestic Water Resources Management in the Sebatik Island, Sabah (Malaysia). *Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry (TOJQI)*, 12(6), 7191–7207.
- Jamil, N. R., Toriman, M. E., Idris, M., & How, N. L. (2012). Analisis Ciri-ciri Luahan Sungai Chini Dan Sungai Paya Merapuh Tasik Chini, Pahang Bagi Waktu Normal, Waktu Basah Dan Selepas Banjir. *e-*

- Bangi: Journal of Social Sciences and Humanities*, 1(1), 16. <http://pkukmweb.ukm.my/e-bangi/papers/2012/rohaizah012.pdf>
- Kapli, F. W. A., Azis, F. A., Suhaimi, H., Shamsuddin, N., & Abas, P. E. (2023). Feasibility Studies of Rainwater Harvesting System for Ablution Purposes. *Water (Switzerland)*, 15(9). <https://doi.org/10.3390/w15091686>
- Kuok, K., Rahman, M. R., Bakri, M. K., Chui, P. C., Chin, M. Y., Al-Bogami, A. S., Alamry, K. A., & Rahman, M. (2022). Sustainable Clean Water Production Using Bamboo Activated Carbon for Rural Residents in the Borneo Island. *BioResources*, 17(2), 3227–3241.
- Kus, B., Kandasamy, J., Vigneswaran, S., Shon, H. K., & Moody, G. (2013). Gravity driven membrane filtration system to improve the water quality in rainwater tanks. *Water Science and Technology: Water Supply*, 13(2), 479–485. <https://doi.org/10.2166/ws.2013.046>
- Lani, N. H. M., Yusop, Z., & Syafiuddin, A. (2018). A review of rainwater harvesting in Malaysia: Prospects and challenges. *Water (Switzerland)*, 10(4), 1–21. <https://doi.org/10.3390/w10040506>
- Latif, S., Alim, M. A., & Rahman, A. (2022). Disinfection methods for domestic rainwater harvesting systems: A scoping review. *Journal of Water Process Engineering*, 46. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102542>
- Lee, K. E., Mokhtar, M., Mohd Hanafiah, M., Abdul Halim, A., & Badusah, J. (2016). Rainwater harvesting as an alternative water resource in Malaysia: potential, policies and development. *Journal of Cleaner Production*, 126. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.060>
- Liu, L., Fu, Y., Wei, Q., Liu, Q., Wu, L., Wu, J., & Huo, W. (2019). Applying bio-slow sand filtration for water treatment. *Polish Journal of Environmental Studies*, 28(4), 2243–2251. <https://doi.org/10.15244/pjoes/89544>
- Md Hashim, N., Muhamad, S., Aiyub, K., & Yahya, N. (2011). Pembangunan Tanah Hutan Dan Fenomena Banjir Kilat: Kes Sungai Lembing, Pahang. *e-Bangi: Journal of Social Sciences and Humanities*, 6(2), 14. <http://pkukmweb.ukm.my/e-bangi/papers/2011/norazuan011.pdf>
- Mohammed, T. A., Johari, M. M. N. M., & Ghazali Abd Halim. (2009). Study on Potential Uses of Rainwater Harvesting in Urban. *Study On Potential Uses Of Rainwater Harvesting In Urban Areas, April 2014*.
- Mohd. Shahwahid, H. ., Suhaimi, A. ., Rasyikah, M. ., Ahmad Jamaluddin, S., Huang, Y. ., & Farah, M. . (2009). Policies and Incentives for Rainwater Harvesting in Malaysia. *Water Resources Management*, 1–15.
- NAHRIM. (2014). *Nahrim Technical Guide No. 2: The Design Guide for Rainwater Harvesting Systems*. 2, 11.
- Nayan, N., Hashim, M., Ibrahim, M. H., & Suhaily, M. (2009). Perubahan Gunatanah dan Tahap Kualiti Air Sungai di Bandaraya Ipoh, Perak. *Malaysian Journal of Environmental Management*, 10(2), 115–134.
- Ranasinghe, P. (2019). *Rainwater Harvesting Systems as a strategy for Urban Storm Water Management*. February, 0–14.
- Razali, M. M. A. M., Hamzah, N., Daud, N. M., & Bakar, A. A. A. (2022). A Preliminary Study on The Utilization of Rainwater Harvesting System for Non-Potable Usage. *AIP Conference Proceedings*, 2532. <https://doi.org/10.1063/5.0111433>
- RMK-12. (2021). *RMK-12 (2021-2025) Malaysia Makmur, Inklusif, Mampan*.
- Rohani, R., Basiron, S. A., Gopal, T. D., Rosli, N. S., Zaman, N. K., Yusoff, I. I., & Hanafiah, H. A. (2022). Suatu Ulasan Kritis Kajian Keperluan Pemfluoridaan Air di dalam Proses Rawatan Air. *Sains Malaysiana*, 51(3), 679–693. <https://doi.org/10.17576/jsm-2022-5103-04>
- Saleh, Y., Sulaiman, S. N. E., Mahat, H., Hashim, M., Nayan, N., & Ghazali, M. K. A. (2022). Knowledge and Attitude of People in Simunjan, Sarawak Regarding Rainwater Harvesting Systems as Water Resource Alternative. *Journal of Techno Social*, 13 No 2 (2January), 77–85. <https://doi.org/10.30880/jts.2022.13.02.008>
- Shaari, N., Che-Ani, A., Tawil, N., Jamil, M., & Nasir, N. (2009). Implementation of rainwater harvesting in Sandakan: evolution of sustainable architecture in Malaysia. *Proceedings of the Regional Engineering Postgraduate Conference, Kuantan, Malaysia, October*, 20–21.

- Shaari, N., Yahaya, H., Abdullah, N. a G., & Tawil, N. M. (2007). *Rainwater Harvesting Evaluation : A Quick Survey among Malaysian*.
- Shaheed, R., & Mohtar, W. H. M. W. (2015). Potential of using rainwater for potable purpose in Malaysia with varying antecedent dry intervals. *Jurnal Teknologi*, 72(1), 57–61. <https://doi.org/10.11113/jt.v72.3156>
- Shareh Musa, S. M., Wan Husin, H., Md Yassin, A., & Shafii, H. (2017). Aplikasi Sistem Penuaian Air Hujan (SPA) di kawasan perumahan. *Journal of Techno Social*, 9(2), 1–18.
- Strauss, A., Dobrowsky, P. H., Ndlovu, T., Reyneke, B., & Khan, W. (2016). Comparative analysis of solar pasteurization versus solar disinfection for the treatment of harvested rainwater. *BMC Microbiology*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12866-016-0909-y>
- Sultana, N., Akib, S., Aqeel Ashraf, M., & Roseli Zainal Abidin, M. (2015). Quality assessment of harvested rainwater from green roofs under tropical climate. *Desalination and Water Treatment*. <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1015307>
- Temrin, S. N. A., & Awang, A. (2017). Bencana banjir dan tahap pengetahuan penduduk terhadap pengurusan banjir di Serian, Sarawak. *e-Bangi: Journal of Social Sciences and Humanities*, 4(4), 22–36.
- Zaharuddin, I. S., & Ahmad, N. A. (2021). Effectiveness of Rainwater Harvesting System as Domestic use at Public University in Malaysia: A Review. *Recent Trends in Civil Engineering and Built Environment*, 3(1), 1462–1473. <http://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/rtcebe>