

KETERSEDIAAN PENUAIAN HUJAN BAGI KOLEJ KEDIAMAN UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Assessing the Feasibility of Rainwater Harvesting for Resident at Universiti Malaysia Sabah

ROSLAINI ABDUL JALIL^{1*}, NORDIN SAKKE¹, ADI JAFAR¹

¹Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, , Universiti Malaysia Sabah, 88400 Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia

*Corresponding author: rosse234@gmail.com

Received 10 Mac 2025; Revised: 27 April 2025; Accepted: 15 May 2025; Published: 1 June 2025

To cite this article: Roslaini, A. J., Nordin, S., & Adi, J. (2025). Ketersediaan penuaian hujan bagi Kolej Kediaman Universiti Malaysia Sabah. *GEOGRAFI*, 13(1), 95-112. <https://doi.org/10.37134/geografi.vol13.1.7.2025>

ABSTRAK Masalah kekurangan sumber air telah menjadi satu perbincangan bukan sahaja ahli akademik malahan pihak berkepentingan yang lain. Pelbagai kajian dan saranan telah dikemukakan, namun masalah kekurangan bekalan sumber air ini masih lagi tidak dapat diselesaikan. Kajian kes di Sabah, masalah kekurangan air ini tidak sahaja terjadi di kawasan luar bandar, malahan kawasan tumpuan penduduk seperti institusi pendidikan juga menerima kesannya tidak terkecuali Universiti Malaysia Sabah (UMS). Terdapat banyak aduan dan rungutan daripada para pelajar sehingga mendapat perhatian daripada media sosial. Kajian ini bertujuan untuk menilai kebolehtakungan air hujan bagi kolej kediaman di UMS sebagai saranan dalam mengatasi masalah sumber bekalan air mentah bagi kegunaan luar para pelajar. Kajian ini, menggunakan reka bentuk kajian kuantitatif melalui pengiraan keluasan bumbung kolej kediaman pelajar sebagai permukaan tadahan air hujan. Tiga buah kolej kediaman pelajar iaitu KKTM, KKTF, dan KKTPAR dijadikan sampel kawasan kajian. Pengiraan ini adalah berlandaskan pengiraan formula kebolehpercayaan penuaian hujan yang dibangunkan oleh NAHRIM. Daripada analisis pengiraan yang telah dilakukan, nilai kebolehtakungan air hujan adalah sebanyak 2008.29 m³ (KKTM), 1752.54 m³ (KKTF), dan 1483.28 m³ (KKTPAR). Berdasarkan nilai yang diperolehi, air tuaian hujan mampu dijadikan alternatif sebagai gantian terhadap bekalan air paip. Dari aspek komponen pula, dilihat aspek penyelenggaraan bagi mengaplikasikan Sistem Penuaian Air Hujan (SPA) perlu ditingkatkan supaya sistem ini dapat digunakan dengan sebaiknya. Hasil akhir kajian dapat menjadi saranan kepada pihak universiti dalam menyediakan tangki takungan supaya air hujan yang turun dapat disimpan tanpa dibazirkan. Seterusnya, dapat mengurangkan kos pengurusan pihak universiti dalam pembayaran utiliti bagi UMS.

Kata Kunci: Penuaian hujan, Permukaan tadahan, Sumber air, Alternatif, Kebolehtakungan

ABSTRACT The issue of water scarcity has become a topic of discussion not only among academics but also among other stakeholders. Various studies and recommendations have been proposed, yet the problem of insufficient water supply remains unresolved. In the case study of Sabah, this water shortage issue does not only affect rural areas but also densely populated areas, including educational institutions such as Universiti Malaysia Sabah (UMS). Numerous complaints and grievances from students have garnered attention on social media. This study aims to evaluate the rainwater harvesting

potential for student residential colleges at UMS as a recommendation to address the issue of raw water supply for outdoor student use. The study employs a quantitative research design through the calculation of the roof areas of student residential colleges as rainwater catchment surfaces. Three student residential colleges, namely KKTM, KKTF, and KKTPAR, were selected as the study sample areas. The calculations are based on the rainwater harvesting reliability formula developed by NAHRIM. From the analysis conducted, the rainwater harvesting potential values were found to be 2008.29 m³ (KKTM), 1752.54 m³ (KKTF), and 1483.28 m³ (KKTPAR). Based on these values, harvested rainwater can serve as an alternative to piped water supply. From the component perspective, it is evident that maintenance aspects to implement the Rainwater Harvesting System (RWHS) need to be improved to ensure the system is utilized effectively. The final findings of this study can serve as a recommendation to the university to provide storage tanks so that rainwater can be collected and stored without being wasted. Subsequently, this can reduce the university's management costs in utility payments for UMS.

Keywords: Rainwater harvesting, Catchment Areas, Water Security, Alternative, Reservoir potential

1. Pengenalan

Bekalan air merupakan keperluan asas yang sangat penting bagi setiap manusia. Limitasi terhadap sumber bekalan air mentah akan dikhuatiri bakal memberikan gangguan terhadap kelangsungan kehidupan masyarakat. Isu kekurangan bekalan air mentah semakin giat dibincangkan. Dilaporkan hampir 13% penduduk dunia masih menghadapi kesukaran mendapatkan akses kepada bekalan air bersih (Liu et al, 2008). Laporan pihak Asian Water Development Outlook (AWDO) pada tahun 2016 pula menyatakan, hampir 1.1 bilion penduduk dunia tidak mempunyai akses kepada bekalan air minum yang bersih. Seterusnya, dinyatakan kira-kira 1.2 bilion penduduk dunia yang tinggal dan menetap di kawasan yang kekurangan sumber bekalan air bersih (Biswas & Tortajada, 2019). Kesannya, kekurangan bekalan air bersih umumnya mampu mendatangkan impak negatif seperti masalah kelestarian ekosistem tidak terkecuali masalah kesihatan, penurunan kualiti dan kualiti alam semulajadi (Kumar Mishra et al., 2021). Tambahan lagi, Hanjra & Qureshi (2010) dan Guppy L, (2019) turut menyokong pendapat ini bahawa kekurangan sumber air adalah punca utama penurunan tahap kualiti kesihatan manusia dan kerosakan alam sekitar. Hal ini terhasil berikutan hidrologi atau air juga merupakan penggerak utama sistem bumi (Jamaluddin & Ismail, 1988).

Pelbagai langkah telah dijalankan untuk melindungi sumber air tawar dunia dari segi kualiti mahupun kuantiti. Dari aspek kualiti, pelbagai cara dan kaedah rawatan air dibangunkan seperti proses Osmosis Berbalik (RO) dalam merawat air tawar bagi tujuan minuman. Manakala, dalam aspek kuantiti pula adalah dengan menghasilkan langkah, aplikasi dan formula dikeluarkan dan diuji untuk memudahkan ketersampaian sumber bekalan air ini bagi kegunaan manusia umumnya. Justeru itu, sebagai salah satu alternatif yang dibangunkan bagi mengatasi

masalah kekurangan bekalan air terawat adalah Sistem Penuaian Hujan (SPAH). Tambahan lagi, kajian ini juga menilai kebolehtakungan air hujan bagi kolej kediaman di UMS sebagai saranan dalam mengatasi masalah sumber bekalan air mentah bagi kegunaan luar para pelajar.

2. Sorotan Literatur

SPAH dianggap sebagai Kaedah Pengurusan Terbaik atau "Best Management Practice (BMP)" yang diamalkan di Malaysia (PLAN Malaysia, 2021). Tambahan lagi, Opare (2012) menyatakan sistem ini adalah sebagai satu pendekatan untuk menangani isu limitasi terhadap akses sumber air tawar dengan digantikan dengan sumber air yang ada pada masa kejadian. Sistem ini bukan sahaja bertujuan untuk melambatkan aliran air larian permukaan malahan ianya juga dijadikan sebagai sumber bekalan air alternatif yang percuma dan selamat digunakan (Jha & Shah, 2015). Manakala Stec & Zelenáková, (2019), menyatakan bahawa SPAH ini kaedah bagi mengumpulkan air hujan ke dalam sesuatu kawasan yang mana dapat memberikan penjimatan dari segi kaewangan malahan memberikan penjimatan dalam penggunaan sumber air bersih.

SPAH ini berawalan daripada ilmu penuaian hujan yang dikelaskan kepada dua Kategori iatu *Macro-Catchment* dan *Micro-Catchment* (Mohammed et al., 2009). Kaedah *Macro-Catchment* merupakan penuaian hujan dalam skala yang besar seperti empangan dan tasik. Hal ini bermakna, SPAH merupakan penuaian hujan dalam kategori *Micro-Catchment* merujuk kepada penuaian hujan yang dalam skala kecil. Penuaian hujan dalam skala kecil ini dapat diertikan sebagai saiz tadahan hujan dalam saiz dibawah 100m² (NAHRIM, 2014). Kajian yang dijalankan oleh Khatri (2012), saiz yang sesuai bagi tadahan penuaian hujan adalah hanya 40m² hingga 80m² - berdasarkan kajian terhadap masyarakat Nepal. Manakala, pihak pentadbiran bagi masyarakat di kawasan Texas pula disarankan menggunakan saiz tadahan seluas maksimum 1765m² untuk mendapatkan kuantiti air tuaian hujan yang lebih banyak (Krishna, 2005). Perbezaan saiz permukaan tadahan ini menjelaskan bahawa tadahan hujan dalam saiz kecil ini memerlukan kawasan tadahan khusus seperti binaan bangunan bagi membolehkan sistem penuaian hujan ini dilakukan dengan lebih sistematik. Tambahan lagi, saiz tadahn hujan ini juga boleh dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti kemampuan pengguna, tujuan kegunaan, polisi sesebuah kerajaan, dan sebagainya juga memainkan peranan dalam pemilihan saiz tadahan penuaian hujan ini.

Di Malaysia, air hujan yang ditakung melalui penuaian hujan ini masih belum diiktiraf oleh pihak Kementerian Kesihatan Malaysia (KKM) untuk digunakan sebagai air minuman mahupun digunakan bagi kegunaan yang melibatkan kesihatan pengguna. Namun, pihak KKM masih memberi saranan kepada masyarakat untuk menggunakan air tuaian hujan bari kegunaan luaran seperti mandi, membasuh barangan, kegunaan tandas dan siraman tananam. Penggunaan air tuaian hujan dalam kehidupan ini sangat dipengaruhi oleh persepsi pengguna tersebut. Dapat

dinyatakan bahawa, masyarakat di kawasan bandar sangat jarang menggunakan air takungan hujan berikutan mereka berpendapat bahawa air tuaian hujan adalah tidak selamat untuk digunakan. Hal ini berbeza dengan masyarakat yang tinggal di kawasan pendalaman. Mereka tetap menggunakan air takungan hujan kerana amalan ini telah diwarisi sejak daripada masyarakat terdahulu lagi sebelum adanya sumber bekalan air bersih daripada pihak kerajaan. Secara umumnya 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 (Rajah 1).

2.1 Kawasan Tadahan

Kawasan tadahan merujuk kepada permukaan sesuatu bahan atau binaan yang menerima tirisan hujan secara langsung. Bumbung bangunan, permukaan tanah, permukaan asfalt mahupun turut dikelaskan sebagai permukaan tadahan dalam penuaian hujan (NAHRIM, 2014). Tambahan lagi, kawasan tadahan semula jadi seperti permukaan batu dan lereng bukit juga merupakan kawasan tadahan hujan yang boleh digunakan (Mohammed et al., 2009). Menurut Bores & Ben-Asher (1982), SPAH yang menggunakan bumbung bangunan sebagai permukaan tadahan telah dinyatakan sebagai penuaian hujan dalam kategori *Micro-Catchment* iaitu permukaan tadahan yang bersaiz kecil (Maheepala et al., 2012). Permukaan tadahan ini mampu memberikan pengaruh terhadap SPAH iaitu mampu mempengaruhi tahap kualiti dan kuantiti air hujan yang ditakung.

2.2 Gutter/ Palung

Komponen palung merupakan alatan atau saluran yang digunakan bagi mengalirkan air hujan masuk ke dalam komponen simpanan. Komponen palung ini biasanya dipasang atau diletakkan di bahagian tepi atau hujung bumbung bangunan. Pemasangan palung haruslah ke hadapan sedikit daripada hujung bumbung bangunan bagi membolehkan air hujan mengalir ke dalam palung ketika hujan lebat dan aliran banyak. Kediaman di Malaysia lebih banyak menggunakan palung dari jenis Zink ataupun PVC. Terdapat juga komponen palung yang telah dilengkapi oleh jaring penapisan yang berpungsi sebagai penghalang bendasing dan kekotoran untuk masuk ke dalam tangki simpanan. Bagi mendapatkan air takungan hujan yang lebih bersih, komponen palung dan jaring penapisan ni harus dibersihkan secara berkala (Wanyonyi, 1999). Hal ini juga akan mengelakkan palung daripada tertutup oleh ranting dan daun-daun kayu.

2.3 First Flush/ Pelapis

Komponen *first flush* atau penapis ini merujuk kepada alatan yang digunakan bagi menghalang bendasing atau kekotoran masuk dan mencemarkan takungan air hujan. alatan penapis ini kebiasaanya lebih murah dan sering digunakan oleh pengguna yang menadah air hujan dengan kaedah tradisional. Alat penapis ini boleh diletakkan di medium palung mahupun di hujung saluran sebelum tangki simpanan. Tambahan

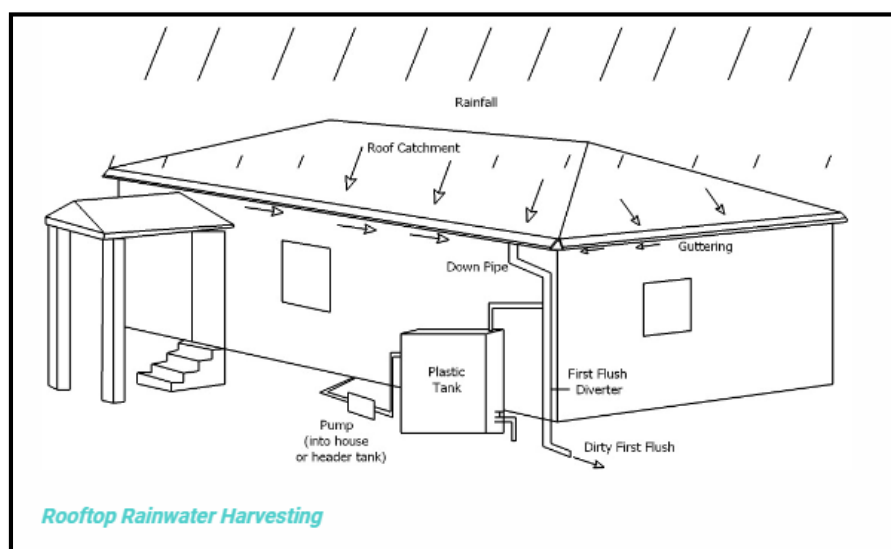
lagi, alat tapisan ini boleh terdiri daripada perbagai jenis seperti kain, jaring halus, dan lapisan span. Seterusnya, kaedah *first flush* ini adalah takungan kecil air hujan kebiasaanya pada minit-minit terawal hujan. Air yang masuk ke dalam takungan kecil ini akan dibuang dan tidak akan bercampur dengan air hujan yang disalurkan ke dalam tangki simpanan. Bagi bangunan di Malaysia, menyalurkan air hujan ke dalam tangki *flush* tandas atau terus ke kolam ikan dan tanaman merupakan langkah yang disebut sebagai *first flush*. Langkah ini adalah bagi meningkatkan tahap kualiti air tuaian hujan. Kajian yang dijalankan oleh Kumar et al. (2008), di India telah mendapati bahawa sistem penapisan yang digunakan dalam sistem penuaian hujan bagi kawasan tersebut akan ditukar setiap 10 tahun bagi membolehkan bekalan air yang dibekalkan kepada penduduk sentiasa bersih. Hal ini kerana, nilai penyelenggaraan komponen penapisan adalah lebih tinggi berbanding penyelenggaraan komponen penuaian yang lain.

2.4 Takungan/ Simpanan

Komponen takungan/ simpanan dalam SPAH merujuk kepada medium simpanan yang digunakan oleh masyarakat dalam menakung air hujan. medium simpanan ini boleh terdiri daripada pelbagai jenis, saiz, dan bentuk bersesuaian dengan kehendak pengguna. Tambahanlagi, bilangan isi rumah atau pengguna juga mampu mempengaruhi takungan air tuaian hujan ini. Namun, berdasarkan saranan pihak NAHRIM, tangki simpanan bersaiz 4000 liter adalah mencukupi bagi masyarakat Malaysia dengan purata isi rumah adalah lima orang (NAHRIM, 2014). Saiz tangki simpanan yang kecil ini adalah bagi memudahkan pengguna untuk membersihkan kawasan dalam tangki dan mudah bagi mereka untuk membuang air yang lama bertakung di dalam tangki tersebut. Secara umumnya, air hujan yang ditakung dalam keadaan yang lama boleh ditumbuhi lumut dan berbau masam berikutan air hujan ini tidak mendapatkan rawatan kebersihan. Hal ini kerana, bahan-bahan organik yang dibawa oleh aliran air akan menggalakkan pertumbuhan bakteria seperti *sphingomonas* dan *acidovorax* yang mana akan mencemarkan air (Wanyonyi, 1999). Berdasarkan kepercayaan masyarakat Cina, mereka lebih banyak menggunakan tempayan yang diletakkan di bahagian bawah rumah (ruang dalam tanah) supaya kandungan asid dalam bekalan air hujan dapat dinetural oleh suhu dan kepanasan tanah serta dapat megurangkan pertumbuhan lumut di dalam komponen simpanan mereka (Okpoko et al., 2013). Bagi masyarakat luar bandar di Malaysia yang menjalankan penuaian hujan secara tradisional, mereka lebih memilih baldi atau tong drum sebagai tempat simpanan air tuaian hujan. Tambahan lagi, kedudukan bekas simpanan yang digunakan hanya diletakan di kawasan luar terus di bawah atap atau palung.

2.5 Paip Saluran

Komponen saluran dalam sistem penuaian hujan lebih mudah dikenali sebagai sistem perpaipan yang menyalurkan air hujan daripada takungan ke paip terus untuk kegunaan isi rumah seperti di bilik mandi dan dapur. Pemilihan saluran haruslah dilakukan dengan lebih teliti supaya paip saluran yang dipilih daripada bahan yang tidak mudah rosak dan tahan karat supaya dapat digunakan dalam jangka masa panjang. Tambahan lagi, pemasangan saluran juga perlu dijalankan dengan sistematik supaya bekalan air hujan daripada takungan simpanan dapat dialirkan dengan mudah. Keadaan kedudukan tangki simpanan sama ada di atas bumbung, bawah tanah atau di kawasan lapang haruslah sesuai bagi memudahkan sistem saluran. Saluran boleh terdiri daripada jenis PVC ataupun besi aluminium tidak mudah karat.



Rajah 1. Lakaran Sistem Penuaian Hujan (SPA)

Sumber: (Shende, 2013) (Ecosan Services Foundation (ESF))

Apabila air hujan yang ditakung digunakan secara terus tanpa sebarang proses rawatan, air tuaian hujan ini hanya boleh digunakan untuk kegunaan luaran atau domestik sahaja. Kegunaan luaran air tuaian hujan dapat ditafsirkan sebagai kegunaan yang tidak memerlukan air tersebut masuk ke dalam tubuh badan manusia sehingga memudaratkan kesihatan. Secara umumnya, kegunaan air tuaian hujan ini dalam kehidupan adalah sukar untuk ditentukan berikutan ianya saling berkaitan antara satu sama lain seperti kegunaan dalam pertanian juga dapat dikaitkan dengan kegunaan air tuaian hujan sebagai pengawal suhu alam sekitar dan ekologi. Menurut Bores & Ben-Asher (1982), kegunaan domestik dan pertanian adalah dua tujuan utama penuaian hujan ini dijalankan dengan menggunakan pelbagai cara dan kaedah

supaya air yang disimpan mencukupi. Kajian penuaian hujan terhadap masyarakat di Syrian Desert mendapati, masyarakat setempat dapat menggunakan air yang disediakan bagi tujuan domestik di samping untuk mengairi tanaman dan keperluan binatang ternakan (Bakir & Ren, 2004).

Kajian ini akan mengupas isu dan masalah kekurangan bekalan air bersih yang dialami oleh UMS terutamanya para pelajar di kolej kediaman kampus induk UMS. Tambahan lagi, kajian juga akan membincangkan keperluan untuk mewujudkan SPAH di setiap kolej kediaman sebagai alternatif mengatasi masalah kekurangan bekalan air bersih. Seterusnya, beberapa cadangan terhadap penambahbaikan terhadap sistem ini di UMS khususnya juga akan dibincangkan.

2.6 Isu Dan Masalah Air Di UMS

Dalam membincangkan masalah kekurangan bekalan air terawat di kawasan Universiti Malaysia Sabah (UMS), dapat dianalisis bahawa masalah ini adalah berpunca daripada kerja-kerja naik taraf loji rawatan air oleh pihak Jabatan Air Sabah (JPS). Loji air yang dimaksudkan adalah loji air Telibong, Tuaran yang menjadi satu-satunya punca air terawat bagi kawasan UMS dan sekitarnya. Laporan daripada pihak jabatan air sabah menyatakan, kerja-kerja menaik taraf loji terpaksa dilakukan apabila loji ini tidak lagi dapat menampung jumlah permintaan air terawat oleh pengguna sebanyak 190 juta liter sehari. Penyelesaian yang dijalankan oleh pihak jabatan air adalah dengan menjalankan catuan air bagi kawasan-kawasan yang bergantung dengan sumber bekalan air terawat dari loji air telibong ini. Namun, langkah yang dijalankan masih tidak mampu mengurangkan permintaan air oleh warga UMS. Pihak pengurusan terpaksa membuat pembelian bekalan air bersih daripada pihak jabatan air sabah bagi memenuhi permintaan pelajar di setiap kolej kediaman. Sumber bekalan air ini yang diperolehi daripada loji bekalan air Penampang dan disalurkan ke dalam tangki takungan melalui lori tangki dengan jumlah kira-kira 300,000 liter sehari (Izwan Abdullah, 2023). Berikut merupakan beberapa surat pemakluman daripada pihak pengurusan UMS berkaitan pemakluman masalah air untuk rujukan pihak berkepentingan tidak terkecuali para pelajar. Daripada lampiran surat ini, dapat dinyatakan masalah ketiadaan air ini berlaku sangat kerap dan berlangsung hampir dua tahun iaitu pada tahun 2021 hingga 2022.

Rentetan peristiwa masalah kekurangan bekalan air bersih di Kampus Induk UMS ini mula bertambah kritikal selepas hampir dua tahun kampus ini terpaksa dihadkan penggunaan akibat penularan wabak yang melanda dunia (Covid-19). Tempoh masa yang panjang ini telah menyebabkan masalah-masalah seperti saluran paip bocor dan terhakis berlaku serta tangki-tangki takungan air yang tidak diselenggarakan dengan baik. Perkara ini juga menambahkan faktor kekurangan bekalan air bersih untuk sampai ke kediaman pelajar. Dapat dilihat juga keadaan saluran/ *gutter* yang reput dan rosak di sekitar bangunan kolej kediaman pelajar turut berlaku. Namun, pihak pengurusan UMS dilihat sedang berusaha membaikpulih

kerusakan paip dan saliran air di sekitar UMS untuk memudahkan ketersampaian bekalan air kepada para pelajar.

Jadual 1.

Surat/Notis gangguan air yang telah dikeluarkan

Tarikh Surat/ Notis	Nombor Rujukan	Tajuk Surat/ Notis
15 Mac 2021	UMS/JPP1.3.1/200-7/3/5	Notis Gangguan Bekalan Air Di Kampus Induk UMS
22 Disember 2021	UMS/JPP1.3.1/200-7/3/5	Gangguan Bekalan Air Terawat Di UMS
23 Disember 2021	UMS/JPP1.3.1/200-7/3/5	Notis Gangguan Bekalan Air Di Kolej-Kolej Kediaman UMS
15 Mac 2022	UMS/JPP1.3.1/200-7/3/5	Notis Gangguan Bekalan Air Di Kampus Induk UMS
23 Disember 2021	UMS/JPP1.3.1/400-10/3/394	Arahan Membekalkan Air Ke Kolej Kediaman Tun Mustapha dan Kolej Kediaman Tun Fuad UMS



Rajah 2. Keadaan Gutter Yang Rosak Di Bangunan Kolej Kediaman UMS

Tambahan lagi, berdasarkan laporan Harian Metro yang disiarkan pada 07 Februari 2023, pihak UMS telah menjalankan langkah awal bagi mengatasi masalah kekurangan bekalan air ini di kampus dengan cara membuat sistem perpaipan air bukit dan tiub air bawah tanah untuk disalurkan kepada warga kampus. Sistem air bukit ini dijangka dapat menyediakan air bukit dalam kadar jumlah kira-kira 80,000 liter sehari. Usaha yang

dijalankan ini harus dipuji berikutan langkah ini dilihat mampu mengurangkan kebergantungan terhadap bekalan air daripada jabatan air sabah.

3. Metodologi Kajian

3.1 Latar Belakang Kawasan Kajian

Universiti Malaysia Sabah (UMS) telah ditubuhkan pada tahun 1994 dan berdasarkan laporan terdapat hampir 17 ribu pelajar dan hampir 3 ribu kakitangan yang berkhidmat di sini. Pusat pengajian ini mempunyai tiga kampus utama iaitu Kampus Induk di Kota Kinabalu, Kampus Antarabangsa Labuan (UMSKAL) dan Kampus Pertanian Lestari Sandakan. Kajian ini telah dijalankan di Universiti Malaysia Sabah (UMS) yang terletak di Kota Kinabalu, Sabah yang mempunyai lebih daripada 60 bangunan yang telah dibina di keseluruhan kawasan UMS. Namun, kajian ini hanya memilih bangunan kolej kediaman pelajar sebagai sampel kajian. Kolej kediaman yang dipilih ialah Kolej Kediaman Tun Mustapha (KKTM), Kolej Kediaman Tun Fuad (KKTF) dan Kolej Kediaman Tun Pengiran Ahmad Raffae (KKTPAR). Setiap kolej kediaman mempunyai jumlah bilangan residen yang berbeza-beza berdasarkan jumlah penempatan yang disediakan. Bagi KKTM, jumlah residen bagi kolej ini adalah seramai 1800 orang dan purata penghuni di setiap blok adalah seramai 120 orang bagi 16 buah blok kediaman. Manakala, bagi KKTF, jumlah residen kolej ini adalah seramai 1500 orang dan purata residen bagi setiap blok adalah juga seramai 120 orang bagi 14 blok kediaman. Manakala bagi KKTPAR, jumlah residen bagi kolej ini adalah seramai 3600 orang dan purata residen adalah 600 orang bagi 5 blok kediaman. Daripada angka dan nilai ini, dapat dilihat keperluan dan kebutuhan bekalan air adalah tinggi untuk keperluan seharian penghuni bagi meneruskan kehidupan seharian. Manakala, daripada jumlah bangunan yang terletak di dalam kawasan ini pula menunjukkan kemampuan elemen tadahan dalam menjalankan sistem penuaian hujan diaplikasikan.

3.2 Data Hujan Bulanan

Bagi membolehkan SPAH ini diaplikasikan dan digunakan, penelitian terhadap data hujan sesebuah kawasan haruslah dianalisis terlebih dahulu. Maklumat data hujan ini telah diperolehi daripada Jabatan Pengairan Dan Saliran Sabah (JPS) menyatakan, Kota Kinabalu menerima hujan bulanan kira-kira 2800 mm setiap bulan dan nilai purata hujan bulanan bagi Kota Kinabalu pula adalah sebanyak 175 mm. Logi air mentah yang membekalkan sumber bekalan air bersih bagi kegunaan UMS adalah daripada Logi Air Telibong dan Logi Air Moyog – bagi kawasan UMS dan kawasan sekitarnya. Jarak diantara kedua-dua logi ini dengan kawasan UMS adalah sekitar 40 km sahaja.

3.3 Analisis Kemampuan Takungan

Keperluan terhadap data hujan bulanan ini adalah penting untuk menjalankan pengiraan kemampuan takungan bagi titisan hujan yang boleh ditadah oleh kawasan

tadahan. Hal ini adalah penting supaya SPAH yang dijalankan dapat beroperasi dengan baik dan berkesan. Penggunaan nilai-nilai dalam pengiraan SPAH ini dilihat sedikit berbeza antara pengkaji. Antaranya, Manoj & Nishant (2015) menggunakan pengiraan kemampuan takungan sebagai turunan hujan x keluasan bumbung. Namun, kajian ini mengambil pengiraan kemampuan takungan daripada NAHRIM berikutan pengiraan ini lebih sesuai dan lengkap iaitu:

$$Q \text{ m}^3 = A \times f \times R$$

di mana,

Q = Kuantiti air (m^3)

A = Keluasan permukaan tadahan/atap (m^2)

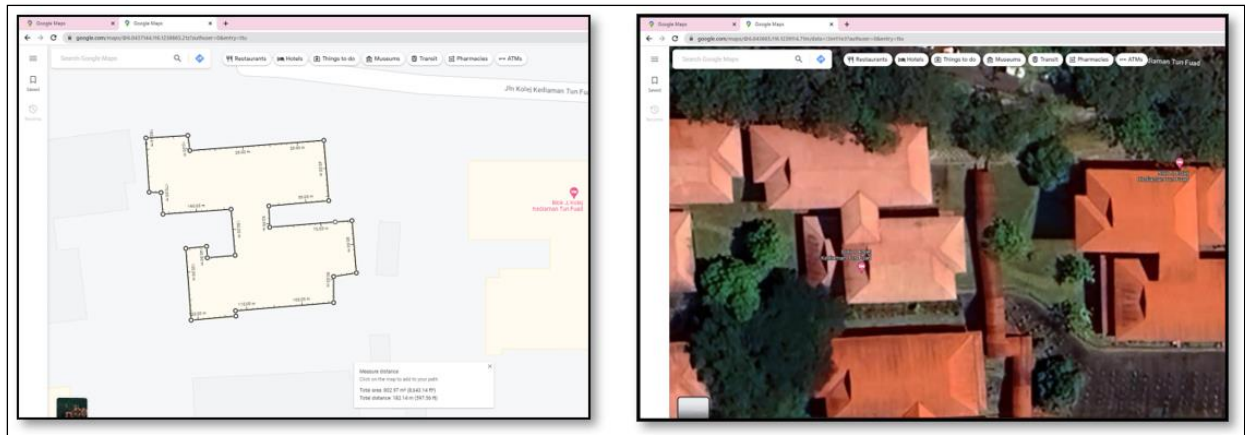
f = Pekali larian air (0.83)

R = Purata hujan bulanan

*f – kebarangkalian nilai kehilangan titisan hujan berikutan faktor kecerunan bumbung dan proses sejatan

3.4 Komponen Tadahan

Secara umumnya, UMS menyediakan tiga buah kolej kediaman sebagai petempatan kepada para pelajar yang memilih untuk tinggal dalam kawasan UMS. Kolej kediaman ini adalah Kolej Kediaman Tun Mustapha (KKTm), Kolej Kediaman Tun Fuad (KKTF) dan Kolej Kediaman Tun Ahmad Raffae (KKTPAR). Bumbung kolej kediaman dijadikan sebagai komponen tadahan dalam sistem penuaian hujan. Komponen tadahan ini dapat ditafsirkan sebagai sebuah permukaan yang menerima titisan hujan secara langsung seperti bumbung, kolam takungan, kawasan lapang, jalan raya dan sebagainya. Husna Aishah Zabidi et al (2020) menyatakan, SPH memerlukan bumbung bangunan sebagai kawasan tadahan berbanding *Pond Harvesting Systems* (PHS). Tambahan lagi, kawasan tadahan semula jadi seperti permukaan batu dan lereng bukit juga merupakan kawasan tadahan hujan yang boleh digunakan (Thamer et al., 2007). Justeru itu, bagi menentukan keluasan setiap bumbung kawasan tadahan, pengiraan menggunakan *Google Map* telah dijalankan. Cerapan imej bumbung bangunan telah dilakukan dan aplikasi *Google Map* secara automatik akan menjalankan pengiraan berdasarkan titik-titik yang ditetapkan di setiap penjuru bangunan. Namun, perlu ditekankan nilai keluasan kawasan tadahan adalah sedikit berbeza berbanding keluasan sebenar bumbung kolej kediaman. Rajah 3 menunjukkan cerapan imej kawasan bumbung kolej kediaman antara imej setelit/sebenar dan titik-titik pengiraan yang menentukan keluasan bumbung tadahan.



Rajah 3. Imej Google Map kawasan bumbung kolej kediaman

Sumber: <https://www.google.com/maps/@6.0426111,116.1248531,18.25z?authuser=0&entry=ttu>

4. Dapatan Kajian

Daripada hasil pengiraan yang dijalankan di 16 buah blok KKTm, jumlah keseluruhan kawasan bumbung yang mampu dijadikan kawasan tadahan adalah seluas 13826.49 m² (Jadual 2). Manakala, bagi KKTf yang mempunyai 14 buah blok pula adalah seluas 12065.69 m² (Jadual 3). Bagi KKTPAR pula nilai kawasan tadahan yang diperolehi adalah seluas 10211.89 m² (Jadual 4).

Jadual 2.

Jumlah Keluasan Bumbung KKTm

Blok KKTm	Keluasan Bumbung
A	805.84 m ²
B	946.07 m ²
C	825.34 m ²
D	896.43 m ²
E	840.40 m ²
F	736.58 m ²
G	878.34 m ²
H	853.56 m ²
I	832.78 m ²
J	822.33 m ²
K	914.65 m ²
L	903.56 m ²
M	908.34 m ²
N	889.90 m ²
O	945.02 m ²
P	827.35 m ²
Jumlah Keseluruhan	= 13826.49 m²

Jadual 3.*Jumlah Keluasan Bumbung KKTF*

Blok KKTF	Keluasan Bumbung
A	906.86 m ²
B	890.20 m ²
C	833.34 m ²
D	844.38 m ²
E	889.21 m ²
F	804.64 m ²
G	832.67 m ²
H	896.97 m ²
I	819.18 m ²
J	864.62 m ²
K	784.21 m ²
L	926.08 m ²
M	865.28 m ²
N	908.05 m ²
Jumlah Keseluruhan	=12065.69 m²

Jadual 4.*Jumlah Keluasan Bumbung KKTPAR*

Blok KKTPAR	Keluasan Bumbung
A1	960.02 m ²
	958.16 m ²
A2	1,088.10 m ²
	888.43 m ²
A3	875.43 m ²
	1,137.55 m ²
B1	1,024.82 m ²
	1,256.88 m ²
B2	1,078.41 m ²
	944.09 m ²
Jumlah Keseluruhan	=10211.89 m²

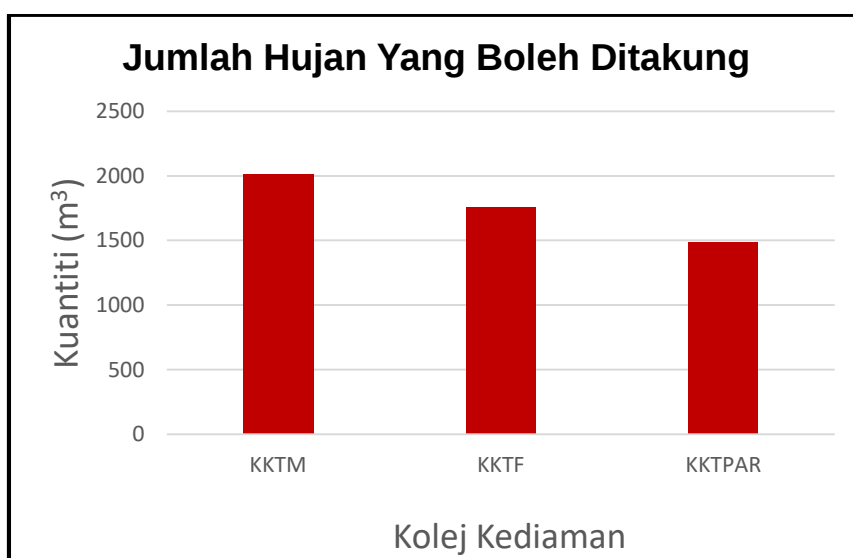
4.1 Analisis Kemampuan Takungan

Seterusnya, dapatan analisis daripada pengiraan SPAH pula seperti yang tertera dalam Rajah 3 dan Jadual 5.

Jadual 5.*Jumlah Hujan Yang Boleh Ditakung Bagi Setiap Kolej Kediaman*

Kolej Kediaman	Quantiti Hujan
KKTM	2008.29 m ³
KKTF	1752.54 m ³
KKTPAR	1483.28 m ³

Daripada nilai yang diperolehi, dapat dinyatakan bahawa jumlah air hujan yang boleh ditakung adalah cukup banyak untuk menampung kegunaan residen ketika terputusnya bekalan air bersih. Berdasarkan graf, KKTMM mampu menakung jumlah yang lebih banyak iaitu sebanyak 2008.29 m³. Hal ini adalah kerana, KKTMM memiliki jumlah bangunan yang lebih banyak berbanding kolej kediaman yang lain. Justeru itu, dapat dinyatakan sebagai, semakin banyak kawatan tadahan, semakin banyak air hujan yang mampu ditakung. Jumlah yang diperolehi adalah hampir separuh daripada sumber air per kapita Malaysia (Jafar et al., 2021). Tambahan lagi, daripada hasil analisis yang dijalankan menunjukkan jumlah air hujan yang ditakung adalah melebihi jumlah takungan tiga buah kolam takungan hujan yang dibina dalam kajian di Rwanda, Africa yang hanya dengan jumlah 328.5 m³ (Munyaneza et al., 2016).



Rajah 4. *Jumlah hujan yang boleh ditakung*

5. Perbincangan

Hasil dapatan kajian jelas menunjukkan nilai takungan air tuaian hujan yang cukup memberangsangkan bagi setiap kolej kediaman. Tidak dinafikan setiap kolej terutamanya blok-blok kediaman telah menyediakan tangki simpanan air jika berlaku masalah air yang berpanjangan. Namun, air tangki yang ditakung masih tidak mencukupi berikutan hanya satu tangki yang bersaiz 5500 liter sahaja disediakan bagi dua blok kediaman. Para pelajar di dua blok kediaman terpaksa berkongsi satu tangki yang sama ketika ketiadaan air. Dengan jumlah pelajar di kedua-dua blok ini sudah tentunya tangki air yang disediakan adalah tidak mencukupi. Hal yang lebih kritikal berlaku kepada para pelajar di kolej kediaman apabila tangki tambahan yang disediakan berada di kawasan bawah dan mereka harus mengangkat air ke kediaman

mereka di atas yang lebih tinggi. Tambahan lagi, masa yang panjang juga diperlukan untuk isian semula air apabila air yang tersedia ada telah habis digunakan serta kelambatan pengisian berikutan terdapat banyak tangki blok yang perlu diisi. Perkara ini juga sukar dielakkan berikutan pihak Jabatan Air Sabah terpaksa mengambil air daripada kawasan logi yang jauh daripada UMS dan mereka juga perlu menyelesaikan aduan daripada penduduk yang tinggal di sekitar UMS yang mana turut terjejas dengan masalah ketiadaan air juga. Justeru itu, sekiranya SPAH ini diaplikasikan di kolej kediaman dengan hanya menambah komponen saluran air dari bumbung kediaman ke dalam tangki takungan akan menjamin bekalan air yang sentiasa cukup untuk kegunaan luar para pelajar. Kajian oleh Unaini et al., (2019) dalam kajiannya di Universiti Putra Malaysia (UPM) mendapati, nilai *reliability* air hujan yang dapat ditakung adalah 4.08 m³ dan digunakan untuk pertanian, kegunaan tandas dan membasuh kenderaan sahaja.



Rajah 6. Tangki bekalan air tambahan di kolej kediaman pelajar UMS

Walaupun secara umumnya, tadahan yang dijalankan adalah menunjukkan nilai yang positif, namun harus diingatkan bahawa takungan hujan yang dijalankan ini hanya bagi kegunaan luaran sahaja. Hal ini kerana, air hujan yang turun akan disalurkan secara terus melalui *gutter* masuk ke dalam takungan. Seperti yang sedia maklum, SPAH ini memerlukan aliran khas iaitu *gutter* yang menjadi penghubung antara bumbung dan tangki sebagai laluan air ditakung. Berikutan itu, aspek penyelenggaraan laluan ini seperti tempoh penggunaan dan kebersihan juga memainkan peranan penting supaya sistem ini boleh digunakan dalam jangka masa

panjang. Saranan daripada pengkaji untuk memasang tapisan awal atau *first flush* bagi membuang sampah dan kotoran bawaan hujan pada peringkat awal hujan juga harus dijalankan supaya air yang ditakung dalam keadaan yang lebih bersih. Kepentingan menjaga kualiti air tuaian hujan yang telah ditakung adalah penting supaya masalah seperti kegatalan dan pembiakan nyamuk tidak berlaku. Berdasarkan laporan, terdapat juga aduan-aduan kecil daripada pelajar berkaitan keadaan air yang keruh dan para pelajar mengalami masalah kegatalan selepas menggunakan air tangki. Namun, aduan ini dapat diselesaikan dalam jangka masa yang pantas oleh pihak UMS. Berdasarkan pemerhatian yang dijalankan di sekitar kawasan UMS, telah terdapat SPAH hujan yang dijalankan di kawasan tandas dewan kuliah bagi kegunaan para pelajar (Rajah 6 dan 7). Namun, takungan ini hanya digunakan pada waktu adalah terhad iaitu ketika sesi kuliah berjalan sahaja berikutan kedudukan sistem takungan yang jauh daripada kediaman pelajar dan jumlah takungan yang kecil. Walaupun SPAH ini hanya dijalankan sebagai sampel kajian, namun impak positif daripada sistem ini tidak harus disia-siakan. Pemasangan sistem ini di kawasan-kawasan tumpuan pelajar atau masyarakat perlu terus dijalankan supaya penggunaan sistem ini dapat memberikan kesedaran kepada pelajar berkaitan kesedaran menjaga dan melindungi sumber air tawar. Tambahan lagi, air takungan hujan ini langsung tidak digunakan sekiranya bekalan air paip daripada pihak Jabatan Air tidak terputus. Ini menyetakan kesedaran untuk menggunakan air hujan untuk kegunaan luaran masih rendah.



Rajah 7. Sistem Penuaian Air Hujan (SPAH) yang telah dibangunkan di dewan kuliah UMS

Walaupun SPAH ini telah dikaji secara meluas di Malaysia, namun aplikasi sistem ini masih dilihat masih kurang. Hal yang sama juga berlaku di UMS khususnya. Dapat dilihat, terdapat kajian berkaitan SPAH yang telah dibuat oleh Fakulti Kejuruteraan (FKJ) dan Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan (FSSK) yang mana kedua-dua kajian ini hanya menyentuh dua skop kajian yang berbeza. Kajian oleh FKJ hanya memfokuskan komponen dan penyelenggaraan fizikal SPAH sahaja. Antara kajian yang telah dijalankan berkaitan SPAH di UMS adalah membincangkan keperluan sistem ini sebagai inisiatif membentuk eco-kampus (Ayog J. L., Bolong, 2015). Manakala, kajian oleh FSSK pula lebih memfokuskan hasil kepentingan dari SPAH kepada sosial secara umumnya namun menggunakan kawasan kajian yang berbeza seperti kajian penggunaan air hujan di kawasan kepulauan (Jafar et al., 2021). Dapatan kajian yang lebih menyeluruh mampu dihasilkan apabila lebih banyak ilmu dan kepakaran digabung dalam mendapatkan hasil kajian terutamanya berkaitan SPAH dan ini seterusnya akan memberikan manfaat kepada warga UMS itu sendiri.

6. Kesimpulan

Secara keseluruhan, daripada analisis dan nilai yang diperolehi dapat diakui SPAH ini mempunyai potensi yang besar sebagai alternatif bagi mengatasi masalah bekalan sumber air yang dilihat semakin kurang dari masa ke semasa. Walaupun kajian ini hanya dijalankan di beberapa buah bangunan sahaja, namun jumlah titisan hujan yang boleh dikumpul adalah menggalakkan. Kuantiti curahan hujan yang banyak ini mampu digunakan sebagai pengganti kebergantungan terhadap bekalan air bersih oleh jabatan bekalan air. Takungan penuaian hujan ini akan memberikan kesedaran awal kepada pelajar untuk menggunakan sumber air secara berhemah dan memelihara sumber alam semula jadi khususnya dengan lebih bijak. Walaupun terdapat langkah penyelesaian yang dijalankan oleh pihak jabatan air sabah dan pihak UMS itu sendiri dalam mengatasi masalah kekurangan bekalan air di kawasan UMS, namun isu dan masalah ini masih tidak mempunyai penyelesaian.

Daripada laporan-laporan yang telah dijalankan, masalah bekalan air terawat ini telah dihadapi oleh warga UMS sejak tahun 2021 lagi. Pembelian air bersih daripada jabatan air adalah langkah yang bijak namun isu yang timbul adalah "sampai bila" pembelian ini akan dijalankan sedangkan kewangan yang ada boleh digunakan untuk urusan kebajikan pelajar. Tambahan lagi, sememangnya terdapat peruntukan daripada kerajaan sebanyak RM3 juta yang telah diluluskan oleh Perdana Menteri Malaysia bagi menyelesaikan masalah bekalan air bersih di UMS namun, pendidikan dan kesedaran terhadap kepentingan penjagaan sumber alam semula jadi tidak terkecuali sumber air hujan harus diteruskan. Keupayaan air hujan yang diturunkan secara percuma oleh Allah tidak harus dibazirkan. Justeru itu, kajian dan penelitian dalam perkara yang berkaitan dengan SPH seperti keupayaan takungan,

kos pembinaan dan penyelenggaraan, tahap kualiti dan sebagainya haruslah lebih terperinci supaya SPAH ini dapat digunakan oleh setiap masyarakat.

7. Penghargaan

Penulis merakamkan jutaan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam kajian ini secara langsung mahupun tidak langsung.

Sumbangan Penulis

Roslaini Abdul Jalil & Nordin Sakke: Perkonsepsian, metodologi, pengumpulan data, Adi Jafar: Visualisasi, penyuntingan dan semakan.

Konflik Kepentingan: Tiada konflik kepentingan dalam kajian ini.

Penyataan Ketersediaan Data

Penulis mengesahkan bahawa data yang menyokong dapatan kajian ini tersedia dalam artikel ini.

RUJUKAN

- Ayog J.L., Bolong, N. & M.J. C (2015). Feasibility Study of Rainwater Harvesting in Universiti Malaysia Sabah's Residential Colleges in Support of The Eco- Campus Initiative. 1(1),1-27
- Biswas, A. K., & Tortajada, C. (2019). Water quality management: a globally neglected issue. *International Journal of Water Resources Development*, 35(6), 913–916. <https://doi.org/10.1080/07900627.2019.1670506>
- Guppy, L. (2019). *Global Water Crises: The facts*. September 2017.
- Hanjra, M. A., & Qureshi, M. E. (2010). Global water crisis and future food security in an era of climate change. *Food Policy*, 35(5), 365–377. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.05.006>
- 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.
- Jha, M. K., & Shah, N. (2015). Evaluating Rainwater Harvesting System for School Buildings. *American Journal of Environmental Sciences*, 2000, 0–5. <https://doi.org/10.3844/ajessp.2015.256.261>
- Khatri, N. R. (2012). Rain Water Harvesting Potential in Nepal. *IWA-RWHM Conference & Exhibition*.
- Krishna, H. J. (2005). The Texas Manual on Rainwater Harvesting. In *Texas Water Development Board* (Vol. 1, Issue 3^a). <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:The+Texas+Manual+on+Rainwater+Harvesting#0>
- Kumar Mishra, B., Kumar, P., Saraswat, C., Chakraborty, S., & Gautam, A. (2021).

- Water Security in a Changing Environment : Concept, Challenges and Solutions. *Water*, 13(4), 490.
- Liu, W.; Huang, F.; Liao, Y.; Zhang, J.; Ren, G.; Zhuang, Z.; Zhen, J.; Lin, Z.; Wang, C. Treatment of CrVI-Containing Mg(OH)₂ Nanowaste. *Angew. Chem.* 2008, 120, 5701–5704
- Maheepala, S., Hewa, G., Myers, B., Pezzaniti, D., & Sharma, A. (2012). Towards the development of stormwater flow management targets in the Greater Adelaide Region. *3rd International Water Association Conference on Rainwater Harvesting and Management*.
- Man, S., Hashim, N. M., Ahmad, A. H., Khin, M. T., & Sidek, N. S. (2014). Kebolehpayaan sistem penuaian hujan sebagai bekalan air alternatif di Malaysia: Suatu penelitian awal. *Geografia: Malaysian Journal of Society and Space*, 10(6), 97–104.
- 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*.
- Munyaneza, O., Majoro, F., Hagenimana, E., & Usabyisa, W. (2016). Impact Assessment of Hillside Rainwater Harvesting Ponds on Agriculture Income: Case Study of Ntarama Sector in Rwanda. *Journal of Water Resource and Protection*, 08(09), 844–854. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2016.89069>
- NAHRIM. (2014). *Nahrim Technical Guide No. 2: the Design Guide for Rainwater Harvesting Systems*. 2, 11.
- Okpoko, E., Egboka, B., Anike, L., & Okoro, E. (2013). Rainfall harvesting as an alternative water supply in water stressed communities in Aguata-Awka area of Southeastern Nigeria. *Environmental Engineering Research*, 18(2), 95–101. <https://doi.org/10.4491/eer.2013.18.2.095>
- Opare, S. (2012). Rainwater harvesting: An option for sustainable rural water supply in Ghana. *GeoJournal*, 77(5). <https://doi.org/10.1007/s10708-011-9418-6>
- Shende, V. (2013). *Compendium of Natural Water Systems & Treatment Technologies to cope with Water Shortages in Urbanised Areas in India* (Issue January).
- Stec, A., & Zelenáková, M. (2019). An analysis of the effectiveness of two rainwater harvesting systems located in central eastern Europe. *Water (Switzerland)*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/w11030458>
- Unaini, A. M., Razali, M. R., Ahmed, T., Ali, M., Alias, A. H., & Mahsum, E. (2019). *Assessment on the Performance of a Rainwater Harvesting System*. January 2017. <https://doi.org/10.11648/j.sr.20170503.13>
- Wanyonyi, J. M. (1999). Rainwater Harvesting Possibilities and Challenges in Kenya. *Proceedings of the Ninth International Rain Water Catchment Systems Conference, July*, 1–53.