



Kajian Terowong SMART Kuala Lumpur, Keberkesanannya Untuk Mengatasi Banjir Kilat

(Review on Kuala Lumpur SMART Tunnel, Its Effectiveness for Addressing Flash Floods)

Siti Hasniza Muhammad Arshad¹, Asnor Muizan Hj. Ishak², Nurfashareena Muhamad¹ &

Joy Jacqueline Pereira^{1*}

¹Pusat Kajian Bencana Asia Tenggara (SEADPRI-UKM),

Institut Alam Sekitar dan Pembangunan, Universiti Kebangsaan Malaysia,

43600 UKM, Bangi, Selangor, Malaysia

²Pengurusan Sumber Air dan Hidrologi, Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS)

Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur, Jalan Sultan Salahuddin, 50626 Kuala Lumpur

*Correspondence: fasha@ukm.edu.my

Abstrak

Tujuan utama pembinaan Terowong SMART adalah untuk mengurangkan kejadian banjir kilat yang kerap berlaku berpunca daripada hujan lebat semasa musim tengkujuh di pusat bandar Kuala Lumpur. Banjir kilat di pusat bandar ini menyebabkan kerugian yang tinggi dan mengganggu kegiatan ekonomi. Objektif kajian ini ialah untuk mengenalpasti dan menyenaraikan kawasan hotspot dan kejadian banjir kilat di Kuala Lumpur bagi dua fasa iaitu sebelum dan selepas pembinaan Terowong SMART; dan menganalisis keberkesanan Terowong SMART dalam mengatasi masalah banjir kilat di bandar ini. Lokasi kejadian banjir kilat di Kuala Lumpur dari tahun 1984 hingga tahun 2017, kawasan liputan SMART dan kawasan *hotspot* diplot menggunakan kaedah Sistem Maklumat Geografi (GIS). Hasil kajian mendapati kejadian banjir kilat berkurang selepas Terowong SMART mula beroperasi pada tahun 2007 akan tetapi kejadian air bertakung pula sering berlaku sejak tahun 2010. Hanya terdapat tujuh kejadian banjir kilat yang berlaku selepas pembukaan Terowong SMART. Manakala 83 kejadian air bertakung dilaporkan dari tahun 2010 hingga tahun 2017.

Kata kunci: Air Bertakung, Banjir kilat, GIS, *Hotspot*, Kuala Lumpur, Terowong SMART

Abstract

The main goal for constructing the SMART Tunnel is to reduce flash flood events caused by heavy rainfall during the monsoon season in the Kuala Lumpur city center. The downtown flash floods have caused economic losses and disrupted commercial activity in the city. The objective of this study is to analyse the effectiveness of SMART Tunnel in overcoming flash flood events and identify hotspot locations for these events in Kuala Lumpur. The occurrence of flash floods in Kuala Lumpur from 1984 to 2017 was analysed and the coverage of the SMART Tunnel and hotspot areas were plotted using the Geographic Information System (GIS). The findings reveal that flash flood occurrence reduced after the opening of the SMART Tunnel in 2007 but water ponding events have become prevalent since 2010. Only 7 flash floods occurrences were recorded since the opening of the SMART Tunnel but 83 water ponding events were reported between 2010 and 2017.

Keywords: Flash flood, GIS, Hotspot, Kuala Lumpur, SMART Tunnel, Water Ponding

Pengenalan

Fenomena perubahan iklim seiring dengan peningkatan aktiviti pembangunan yang pesat menjurus kepada cabaran besar dalam perancangan dan pengurusan kawasan bandar. Beberapa kajian terdahulu menunjukkan bahawa fenomena perubahan iklim berupaya mengubah kitaran hidrologi dan meningkatkan kebarangkalian berlakunya peristiwa cuaca ekstrim seperti banjir serta kemarau (Bates et al. 2008; Bertilsson et al. 2016; Dayon et al. 2018). Banjir berlaku secara berkala di Malaysia dan telah menjadi kejadian biasa. Fenomena tahunan ini memberikan impak besar kepada kehidupan manusia dan hidupan yang lain. Disebabkan oleh kesan negatif banjir, kita perlu memberi perhatian serius dan mengambil jalan alternatif untuk mengurangkan bencana ini (Mohamad Yusoff et al. 2018). Banjir menyebabkan kerugian ringgit kerosakan setiap tahun dan risiko banjir dijangka akan meningkat berikutan perkembangan sosio-ekonomi, dan perubahan iklim (Ward et al. 2017). Modifikasi rancak terhadap guna tanah akibat daripada aktiviti perbandaran yang pesat di sesuatu kawasan juga dijangka dapat meningkatkan risiko kejadian banjir. Banjir disifatkan sebagai satu fenomena yang biasa melanda negara beriklim tropika seperti Malaysia (Chan, 1995; Sani et al. 2014).

Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia (JPS) telah mengelaskan fenomena banjir di negara ini kepada dua jenis iaitu banjir monsun dan juga banjir kilat (JPS, 2000). Dari segi hidrologi, perbezaan utama antara kedua-dua kategori banjir ini ialah tempoh yang diambil bagi paras luahan air banjir untuk kembali ke tahap normal dari tahap puncak. Banjir kilat mengambil masa beberapa jam sahaja untuk kembali ke paras luahan normal berbanding dengan banjir monsun yang kadangkala mengambil masa sehingga sebulan untuk turun ke paras normal (Noorazuan 2006; Baharuddin et al. 2012). Akibat daripada aktiviti perbandaran yang pesat yang berlaku di Kuala Lumpur, bandar ini seringkali mengalami banjir kilat (JPS 2017; Nuhu 2017). Kekerapan banjir kilat yang berlaku di bandar ini dipercayai disebabkan oleh dua faktor utama iaitu: i) campur tangan manusia iaitu urbanisasi dengan peningkatan tahap migrasi serta perubahan guna tanah dan litupan tanah di Kuala Lumpur; dan ii) faktor semula jadi yang melibatkan aspek fizikal bumi seperti litologi dan perubahan rupa bumi; pengaruh iklim seperti hujan lebat serta gangguan terhadap sistem saliran semula jadi seperti sungai (Samsuri et al. 2018; JPS 2017, Sani et al. 2014).

Tiada kategori khusus bagi banjir di Malaysia tetapi secara umumnya, banjir sering dikategorikan sebagai banjir bermusim (monsun), banjir kilat dan banjir pasang-surut. Selain itu, banjir juga digambarkan berdasarkan lokasi, ciri-ciri, punca, masa ketika banjir berlaku dan tempoh banjir tersebut berlaku (JPS 2017). Antara bencana banjir yang paling serius berlaku di Malaysia adalah kejadian banjir di Pantai Timur pada akhir tahun 2014 dan awal tahun 2015 yang mengakibatkan 200,000 orang terjejas dan 21 orang terbunuh. Mangsa-mangsa banjir ini mengambil masa lebih daripada setahun untuk pulih dan kembali ke kehidupan normal mereka. Kejadian banjir yang digelar sebagai Banjir Kuning ini mengakibatkan sebanyak 2,374 buah rumah musnah seratus peratus. Jumlah rumah musnah yang terbesar adalah di jajahan Kuala Krai sebanyak 1,850 buah, Gua Musang 406 buah, Machang 51 buah, Tanah Merah 38 buah, Kota Bharu 18 buah, Tumpat 11 buah dan selebihnya di lain-lain jajahan. Ini adalah satu nilai kerosakan yang besar. Banjir kilat di Pulau Pinang yang berlaku pada 5 November 2017 pula menyebabkan negeri itu lumpuh selepas puluhan jalan ditutup dan ratusan rumah di lima daerah di negeri itu tenggelam akibat hujan lebat yang turun lebih daripada 15 jam. Banjir kilat yang melanda mengakibatkan tujuh kematian dan kerosakan yang teruk terhadap kediaman, perniagaan, organisasi dan kenderaan.

Kuala Lumpur iaitu Ibu Negara Malaysia tidak terkecuali daripada dilanda masalah banjir. Fenomena banjir terawal yang melanda bandar ini telah direkodkan pada tahun 1926 yang dikenali sebagai Bah Besar 1926. Seterusnya, pada tahun 1971 bandar ini turut mengalami kejadian banjir besar yang berlangsung selama lima hari dan menyebabkan kerosakan yang serius (Abdullah 2004). Beberapa kejadian banjir besar lain di Kuala Lumpur termasuklah pada 30 April 2000, 26 April 2001, 29 Oktober 2001, 11 Jun 2002, 10 Jun 2003 dan 10 Jun 2007. Kejadian-kejadian tersebut telah menyebabkan kerosakan (Bhuiyan et al. 2018 & Diya et al. 2014) terhadap harta benda, kehilangan nyawa, gangguan trafik seterusnya memberi kesan kepada aktiviti sosio-ekonomi dan imej Kuala Lumpur sebagai Ibu Negara Malaysia (Aziz 2013).

Kajian oleh Kong et al. (2010) menyatakan bahawa kekerapan banjir kilat yang berlaku di Kuala Lumpur adalah disebabkan oleh sistem saliran bandar yang kurang cekap. Terdahulu, Hashim & Ahmad (2007) turut mengetengahkan punca kekerapan banjir kilat di bandar ini adalah disebabkan oleh pertambahan kawasan tepu bina dan pengurangan litupan tumbuhan. Ini telah menyebabkan pengurangan kawasan telap air yang menyebabkan aliran air hujan terus mengalir ke saliran dan menyebabkan peningkatan kapasiti air ke saliran. Namun, saliransedia ada tidak bertambah seiring dengan pertambahan kawasan pembangunan di bandar. Ini dilihat menjadi punca khusus kepada fenomena banjir kilat di Kuala Lumpur. JPS (1999) turut melaporkan bahawa pembangunan infrastruktur bandar di sepanjang Sungai Kelang telah dikenal pasti sebagai penyebab utama terhadap peningkatan kekerapan banjir kilat di Lembangan Sungai Kelang. Keadaan ini diburukkan lagi apabila wujud pula elemen lain seperti sisa domestik dan industri yang dibuang ke dalam saliran parit dan sungai yang mengakibatkan saliran tersumbat. Susulan daripada banjir besar yang berlaku pada tahun 1971, kerajaan telah mengambil beberapa langkah positif untuk menangani masalah ini.

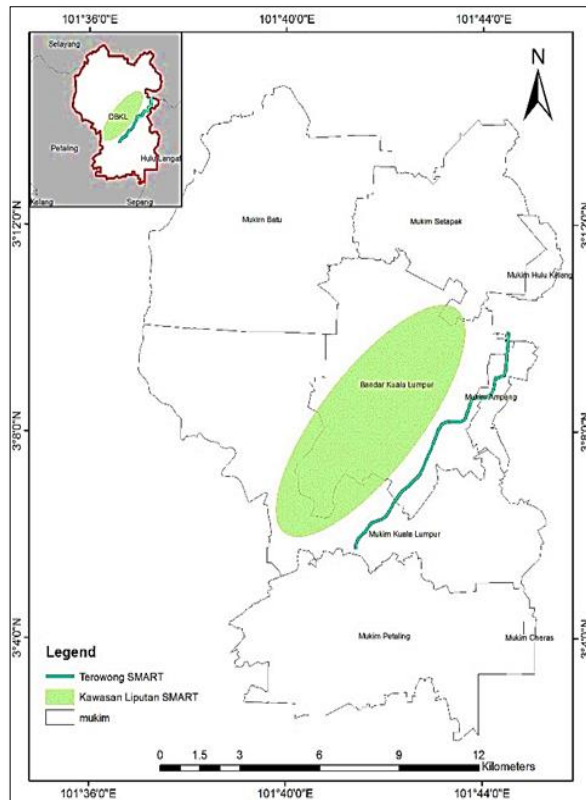
Langkah-langkah yang diambil antaranya adalah dengan menubuhkan Suruhanjaya Tetap Kawalan Banjir, penubuhan Jentera Bantuan Bencana Alam, dan pelaksanaan Pengurusan Banjir Bersepadu (*Integrated Flood Management, IFM*). IFM menggariskan pelaksanaan langkah struktural dan langkah bukan struktural, penubuhan sistem ramalan banjir yang merangkumi kajian lembangan sungai dan penyediaan pelan induk saliran untuk bandar utama serta penubuhan rangkaian stesen pengumpulan data hidrologi dan banjir di

seluruh negara (Chong Wing 2016). Kerajaan Malaysia telah menerima banyak cadangan daripada pelbagai pihak termasuk agensi kerajaan dan juga swasta untuk mengatasi masalah banjir kilat yang sering berlaku di pusat bandar Kuala Lumpur. Salah satu daripadanya adalah penubuhan sebuah terowong pintar yang membolehkan air banjir dialirkan keluar daripada pusat bandar. Cadangan ini diluluskan oleh kabinet dan seterusnya pembinaan terowong telah dimulakan pada 25 November 2003 (Mohamad Khairul Nizam et al. 2014). Terowong tersebut kemudiannya dinamakan sebagai Pengurusan Air Ribut dan Terowong Jalan Raya atau lebih dikenali sebagai *Stormwater Management and Road Tunnel* atau SMART. Objektif utama SMART adalah untuk mengurangkan masalah banjir di Pusat Bandaraya Kuala Lumpur akibat air ribut dari kawasan tadahan Klang – Ampang. Selain itu, SMART juga memberi manfaat tambahan dalam meredakan kesesakan lalu lintas di pintu masuk utama selatan (TUDM di Sg. Besi) ke pusat bandar (Pusat Kawalan SMART 2016).

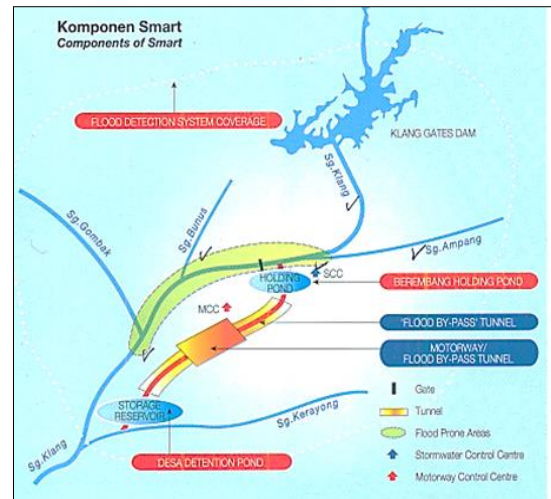
Terowong SMART mempunyai dwifungsi iaitu sebagai jalan alternatif ke Ibu Negara dan untuk mengalirkan air banjir ketika berlaku hujan lebat. Ia telah memperolehi beberapa pengiktirafan di peringkat antarabangsa seperti Anugerah Industri Pembinaan British (BCIA) pada 2008 kerana kecemerlangan dalam inovasi pembinaan dan kejuruteraan; dan *Habitat Scroll of Honour Award 2011* daripada Pertubuhan Bangsa-Bangsa Bersatu (PBB). Pembinaan terowong ini terkandung dalam pelan perancangan dalam Pelan Pembangunan Malaysia, Rancangan Malaysia ke-8 (RMK-8). Terowong SMART dikawal selia oleh Pusat Kawalan SMART (*SMART Control Centre/SCC*), Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS). Projek pembinaan SMART dilaksanakan oleh Syarikat Mengurus Air Banjir dan Terowong Sdn Bhd (SMART SB) yang merupakan syarikat *Joint Venture* (JV) yang melibatkan Gamuda Berhad dan MMC Engineering. Agensi kerajaan yang bertanggungjawab menyelia projek ini ialah Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS) untuk komponen laluan air dan Lembaga Lebuhraya Malaysia (LLM) untuk komponen laluan jalan raya.

Terowong SMART

Sebilangan besar masyarakat beranggapan bahawa penubuhan Terowong SMART dapat menangani kejadian banjir di seluruh Kuala Lumpur sepenuhnya. Hakikatnya, peranan utama terowong ini ialah untuk mengatasi kejadian banjir yang berlaku di kawasan pusat bandar Kuala Lumpur (atau dipanggil kawasan liputan SMART) (rujuk Rajah 1). Terowong yang mula beroperasi pada bulan April 2007 ini memastikan aliran air daripada Sungai Klang tidak membanjiri kawasan sasaran operasi iaitu jantung bandar Kuala Lumpur yang terletak di sekitar Masjid Jamek, Jalan Tun Perak, Dataran Merdeka, Kampung Baru, Jalan Munshi Abdullah, Kompleks Mahkamah Lama, Jalan Melaka, Jalan Tunku Abdul Rahman dan kawasan rendah di sekelilingnya (Samsuri et al. 2018; JPS 2017). Disamping itu, projek ini juga bertujuan untuk mengurangkan masalah kesesakan lalulintas di kawasan antara Pusat Bandaraya Kuala Lumpur dengan pintu masuk sebelah Selatan di Sungai Besi (Pusat Kawalan SMART 2016).



(a)



(Sumber: JPS & DBKL 2017).

Rajah 1 (a & b): Kawasan liputan Terowong SMART dan lokasi Terowong SMART.

(b)

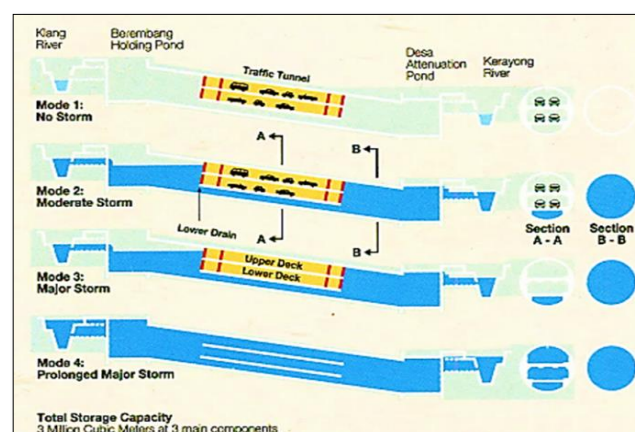
Keunikan terowong ini adalah mempunyai dua tingkat laluan trafik sejauh 3 km daripada keseluruhan terowong sepanjang 9.7 km bermula dari bulatan Kampung Pandan dan berakhir di Lebuhraya Kuala Lumpur-Seremban bersebelahan dengan Lapangan Terbang TUDM di Sungai Besi. Ia merupakan terowong lencongan air yang terpanjang di Asia Tenggara dan kedua terpanjang di Asia (Pusat Kawalan SMART 2016). Objektif utama pembinaan terowong ini adalah untuk menyelesaikan masalah banjir kilat di Kuala Lumpur dan juga untuk mengurangkan kesesakan trafik di sepanjang Jalan Sungai Besi dan jejambat Loke Yew di Pudu semasa waktu puncak. Secara asasnya, terowong ini mempunyai dua dek laluan sehalu bagi kenderaan manakala ruang paling bawah adalah untuk laluan air (rujuk Rajah 2). Terowong ini bermula di Tasik Kampung Berembang berdekatan dengan Sungai Klang di Ampang dan berakhir di Tasik Taman Desa berdekatan Sungai Kerayong di Salak Selatan. Projek ini diterajui oleh kerajaan Malaysia serta agensi-agensi kerajaan dan swasta seperti Lembaga Lebuhraya Malaysia (LLM), JPS dan juga satu syarikat pakatan kerjasama di antara Gamuda Berhad dan Malaysian Mining Corporation Berhad (MMC) iaitu MMC-Gamuda Joint Venture Sdn Bhd (MMC-Gamuda JV).

Terowong SMART direkabentuk bagi kegunaan kenderaan ringan dengan ketinggian maksimum kenderaan ialah dua meter serta maksimum had laju pada 60 km/j. Motosikal serta kenderaan berat seperti lori dan bas tidak dibenarkan menggunakan terowong ini. Terowong ini telah dibuka secara rasminya kepada lalu lintas pada 7 April 2007 (Pusat Kawalan SMART 2016). Operasi SMART dijalankan 24 jam/7 hari oleh JPS di Pusat Kawalan SMART (SMART SCC), Kampung Berembang, Ampang. Manakala, kawalan laluan trafik sepanjang 3 km daripada 9.7 km terowong lencongan banjir, dikendalikan oleh Syarikat Mengurus Air Banjir dan Terowong Sdn. Bhd. (SMABT) di Pusat Kawalan Trafik SMART (SMART MCC) di Bulatan Kampung Pandan (Pusat Kawalan SMART 2016).

Operasi SMART mempunyai empat mod (tahap) (rujuk Rajah 2) dan penerangan untuk setiap mod operasi boleh dirujuk pada Jadual 1. Pada mod biasa iaitu ketika cuaca cerah, SMART berperanan mengurangkan kesesakan jalan raya. Walau bagaimanapun, apabila hujan lebat dan aliran air berada pada tahap melebihi 70 meter padu sesaat (m^3/s), mod akan bertukar secara automatik. Pada tahap *Prolonged Major Storm* iaitu apabila aliran air melebihi 150 (m^3/s), SMART akan beroperasi pada mod keempat, yang menyaksikan ia ditutup sepenuhnya kepada semua kenderaan bagi membolehkannya dilalui air.

Tempoh penutupan SMART bagi mod 4 (terowong ditutup sepenuhnya kepada kenderaan) akan mengambil masa selama 2-4 hari untuk kerja-kerja pembersihan dan pembaikan. Namun, setiap kali terowong ini ditutup, SMART mengalami kerugian hampir RM 1 juta kerana komponen dalamnya basah dan rosak akibat dilalui air yang banyak setiap kali berlakunya banjir (Yusop 2011). Setiap kali terowong SMART ditutup dan dibuka semula kepada lalu lintas, kos pengurusan akan meningkat. Pada tahun 2012 sahaja terowong ini telah ditutup sebanyak tiga kali. Kadar bayaran yang tinggi diberikan kepada kontraktor untuk melakukan tugas dengan cepat sedangkan mendapat notis dalam masa yang singkat. Selain itu, kos yang mahal ini kerana air banjir akan membawa serpihan besar seperti perabot dan pokok-pokok yang hanyut ke dalam terowong dan merosakkan peralatan mahal yang terdapat didalamnya (Lee 2012).

Sejak mula beroperasi, terowong ini didapati dapat mengelakkan kejadian banjir kilat berlaku di Kuala Lumpur seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2, rekod sejarah insiden yang dapat dielakkan. Berdasarkan Jadual 2, mod (tahap) 4 pernah dicapai pada 4 September 2008, 21 Mei 2011, 7 Mac 2012, 2 Mei 2012 dan 26 November 2012 (sumber: Pusat Kawalan SMART, JPS) dan pada 23 Ogos 2013 dan 11 April 2013 (sumber: arkib berita). Sekiranya terowong SMART tidak memainkan peranannya pada tarikh-tarikh tersebut, kejadian banjir kilat pasti akan berlaku di pusat bandar Kuala Lumpur. Yusop (2011) turut menyokong dalam penulisannya yang mana, terowong SMART telah berjaya menyelamatkan Ibu Negara daripada lapan banjir besar sejak ia mula beroperasi. Ternyata, pembinaan terowong ini dilihat sebagai satu inisiatif yang besar untuk mengurangkan kejadian banjir kilat di kawasan pusat bandar Kuala Lumpur. Pendapat ini turut dipersetujui dalam kajian yang dijalankan oleh Samsuri et al. (2018); Nuhu & Maimunah (2015); Nuhu (2017) dan Nuhu & Ali (2017).



(Sumber: JPS 2017).

Rajah 2. Mod operasi Terowong SMART.

Jadual 1. Penerangan mod Terowong SMART.

Mod	Penerangan
1	Semasa cuaca baik atau hujan turun tidak lebat, terowong trafik dibuka untuk laluan trafik masuk dan keluar dari Kuala Lumpur.
2	Apabila hujan turun dan kadar alir di stesen hidrologi (L4) yang terletak di pertemuan Sungai Klang/Sungai Ampang mencatatkan 70 m ³ /s - 150m ³ /s. Air hanya mengalir di bahagian bawah (lower drain) terowong. 50 m ³ /s air akan dialirkan ke Pusat Bandaraya Kuala Lumpur. Terowong trafik masih dibuka untuk laluan trafik.
3	Apabila hujan lebat turun dan model ramalan banjir meramalkan kadar alir di L4 melebihi 150 m ³ /s. Terowong akan dikosongkan daripada kenderaan sekiranya hujan lebat yang turun tidak lama atau atas sebab teknikal lain yang tertentu. Terowong akan dibuka semula bagi laluan trafik selepas 2 - 8 jam ditutup.
4	Selepas 1 - 2 jam amaran Mod 3 dikeluarkan dan sekiranya hujan lebat masih berterusan terowong trafik akan digunakan untuk laluan air banjir dan akan dibuka semula selepas 4 hari ditutup.

(sumber: JPS 2018).

Jadual 2. Tarikh-tarikh dan mod-mod operasi Terowong SMART dari April 2007 hingga Mei 2018.

Tahun	Mod 2	Mod 2B	Mod 3	Mod 4	Jumlah
2007	13	0	2	0	15
2008	30	0	21	1	52
2009	20	0	13	0	33
2010	11	0	14	0	25
2011	21	0	19	1	41
2012	25	0	8	3	36
2013	21	4	2	0	27
2014	24	0	2	0	26
2015	19	2	0	0	21
2016	15	0	0	0	15
2017	32	2	1	0	35
2018	9	1	0	0	15
Jumlah	240	9	82	5	336

(sumber: JPS 2018).

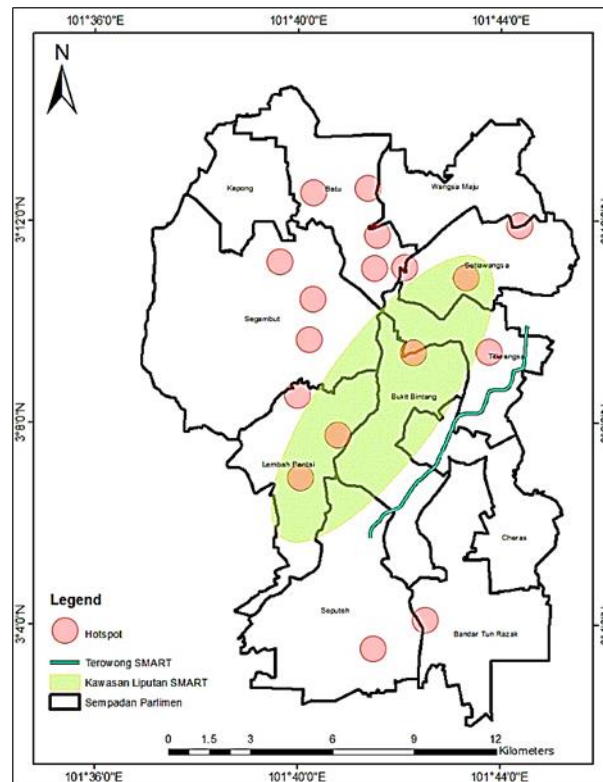
Kajian ini dijalankan adalah untuk mengkaji keberkesanan terowong SMART dalam mengatasi masalah banjir kilat dengan menggunakan pendekatan berasaskan bukti empirikal di kawasan kajian. Justeru, dalam mengenal pasti keberkesanan ini, kajian ini akan:

- 1) Membina inventori bagi kawasan hotspot dan juga lokasi kejadian banjir kilat di Kuala Lumpur sebelum dan selepas pembinaan Terowong SMART;
- 2) Menganalisis keberkesanan Terowong SMART dengan menggunakan teknik statistik mudah dalam mengatasi masalah banjir kilat di bandar ini.

Metodologi

Satu inventori banjir di Kuala Lumpur diwujudkan untuk mengumpul data kejadian banjir yang lepas. Pengumpulan data ini diperolehi melalui pelbagai sumber merangkumi keratan akhbar, carian melalui laman sesawang, laporan berkenaan banjir di Kuala Lumpur daripada JPS dan laporan daripada Skuad Operasi Penyelamat, DBKL. Maklumat ini kemudiannya direkodkan dalam bentuk jadual dan disusun mengikut tahun, lokasi, jumlah kerosakan, bilangan mangsa dan ketinggian aras air dari tahun 1984 sehingga 2017. Setiap maklumat ini kemudiannya diplotkan satu persatu di dalam perisian *Google Earth Pro*. Data dari *Google Earth Pro* dalam format .kmz ini kemudiannya dipindahkan ke perisian ArcGIS dalam bentuk .kml dan dipaparkan dalam satu *shapefiles layer*. Proses seterusnya ialah membetulkan unjuran data ke unjuran WGS84. Jadual yang diwujudkan sebentar tadi turut dieksport ke dalam sekitaran ArcGIS untuk membentuk jadual atribut.

Seterusnya, proses yang sama dilakukan untuk memplot lokasi Terowong SMART, kawasan liputan Terowong SMART dan kawasan-kawasan yang kerap berlaku kejadian banjir (*hotspot*) berdasarkan laporan yang diperolehi daripada DBKL (Rajah 3). DBKL telah mengklasifikasikan kawasan *hotspot* ini berdasarkan lokasi yang kerap ditenggelami air apabila hujan turun dalam tempoh tertentu. Asas pemilihan lokasi *hotspot* adalah berdasarkan kekerapan kejadian yang berlaku dan juga pengalaman operasi (*operational experience*) pihak DBKL dalam isu ini. Inventori kejadian banjir seterusnya dibahagikan kepada dua fasa iaitu kejadian banjir sebelum pembinaan Terowong SMART (tahun 1984-2007) dan kejadian banjir selepas pembinaan Terowong SMART (tahun 2008-2017). Tempoh pengelasan ini penting untuk memantau keberkesanan terowong SMART dalam menangani masalah banjir yang sering berlaku di Kuala Lumpur. Analisis statistik ringkas dijalankan untuk mengenal pasti corak kejadian sebelum dan selepas penubuhan terowong SMART.



(Sumber: JPS & DBKL 2017).

Rajah 3. Kawasan liputan Terowong SMART, peta banjir dan kawasan *hotspot* banjir.

Malaysia diberkati dengan sumber air yang mencukupi. Berada di sebelah utara khatulistiwa, iklim tropika memberikan purata hujan tahunan sebanyak 2940 mm. Purata hujan tahunan bervariasi antara Semenanjung (barat) Malaysia (2490 mm) dan negeri-negeri timur yang kurang penduduk Sarawak (3640 mm) dan Sabah (2560 mm) di utara Borneo. Hujan tertumpu di sekitar dua tempoh monsun, antara November-Februari dan Mei-Ogos (Ishak et al. 2017).

Data bacaan hujan harian (bacaan setiap sejam) bagi 4 stesen yang terletak berhampiran Terowong SMART diplot untuk mendapatkan keamatan hujan. Teknik Poligon Thiessen digunakan untuk memilih stesen-stesen hujan yang bersesuaian. Stesen-stesen tersebut ialah stesen hujan Kampung Berembang, Keramat, stesen hujan Sungai Bunus, Jalan Tun Razak, stesen hujan Bulatan Kampung Pandan, Jalan Tun Razak dan stesen hujan Ibu Pejabat JPS Wilayah Persekutuan. Tarikh-tarikh bagi kejadian mod 4 dipilih untuk diplotkan kerana bacaan hujan yang tinggi daripada bacaan hujan harian dan hanya maklumat tarikh berlakunya mod 4 sahaja diperolehi. Keamatan hujan bagi setiap stesen kemudiannya dikira dengan membahagikan bacaan hujan kepada tempoh masa hujan itu berlaku. Stesen-stesen yang dipilih adalah gabungan stesen hujan Unit Hidrologi dan Unit Kawalan SMART kerana bacaan stesen hujan Unit Hidrologi menjalani proses kalibrasi bagi bacaan yang diperolehi berbanding stesen hujan Unit Kawalan SMART.

Poligon Thiessen adalah metodologi yang lazim digunakan untuk mengira purata curahan hujan bagi kawasan tadahan berdasarkan bacaan tolok hujan yang dibentangkan oleh A.H. Thiessen. Kaedah Thiessen didasarkan pada andaian bahawa jumlah air hujan yang diukur di mana-mana stesen boleh digunakan separuh ke stesen seterusnya dalam sebarang arah, yang bermaksud bahawa untuk mana-mana curah hujan titik sama dengan hujan yang diperhatikan

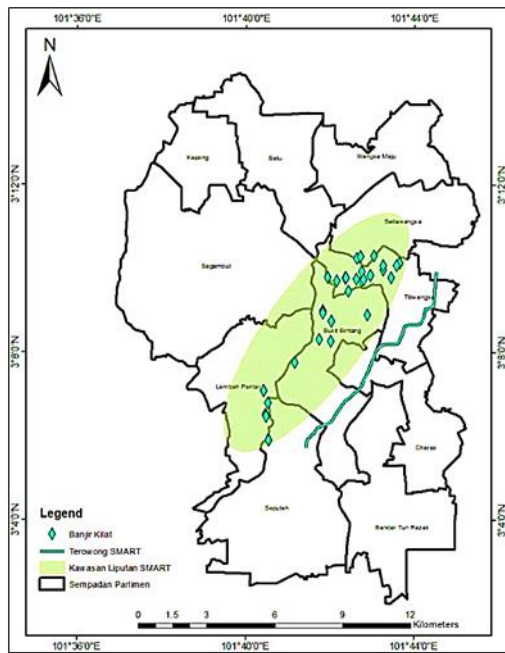
pada tolok terdekat. Berat pengukur hujan dikira oleh kawasan relatifnya, yang dianggarkan dengan rangkaian poligon Thiessen. Poligon terbentuk oleh bisectors tegak lurus garisan yang menyambung stesen berdekatan. Kawasan setiap poligon digunakan untuk menimbang jumlah hujan stesen di pusat poligon (Schumann 1998).

Hasil dan Perbincangan

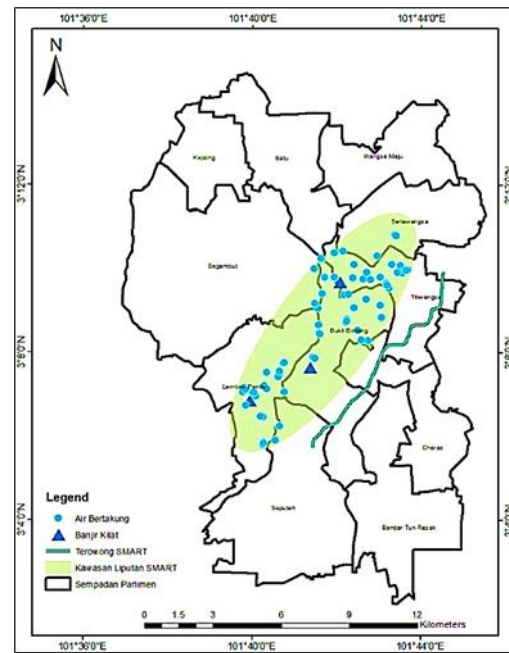
Berdasarkan Rajah 3, kajian mendapati terdapat empat kawasan *hotspot* banjir berada di kawasan liputan terowong SMART iaitu di i) Pusat Kegiatan Guru Keramat, Jalan Semarak; ii) Jalan Ampang *off* Jalan Sultan Ismail; iii) Jalan Kemuja, Bangsar; dan iv) Lebuhraya Persekutuan, Bangsar *South City*. Taburan kejadian banjir kilat dalam tempoh sebelum pembinaan terowong SMART di dalam kawasan liputan SMART dapat dilihat dalam Rajah 4(a) manakala jumlah kejadian yang diperolehi sebanyak 74 kejadian telah direkodkan pada Rajah 5. Setelah terbinanya terowong SMART, kajian mendapati tiada rekod DBKL berkenaan banjir kilat yang berlaku di kawasan liputan SMART tersebut. Sebaliknya, JPS telah merekodkan tujuh kejadian banjir kilat yang berlaku di kawasan itu pada fasa selepas pembinaan terowong SMART. Bilangan kejadian banjir kilat didapati menurun selepas wujudnya terowong SMART akan tetapi, satu fenomena baru muncul iaitu fenomena air bertakung atau *water ponding* yang lebih kerap terjadi di kawasan liputan SMART tersebut selepas tahun 2010. Istilah air bertakung ini diguna pakai oleh Jabatan Kejuruteraan Awam dan Pengangkutan Bandar (JKPB), DBKL untuk menggambarkan kejadian kenaikan air pada masa yang sangat singkat di jalan sekitar Kuala Lumpur.

Sehingga tahun 2017, DBKL merekodkan lebih kurang 83 kejadian air bertakung di Kuala Lumpur (rujuk Rajah 5). Dewan Bahasa dan Pustaka (DBP) mendefinisikan istilah air bertakung sebagai air yang tidak mengalir, tersekat atau bergenang. DBKL menerangkan kejadian air bertakung ini ialah kejadian dimana air naik secara mendadak di atas jalan dan akan surut semula dalam masa yang sangat singkat iaitu kurang daripada sejam. Kejadian air bertakung sering berlaku disebabkan longkang atau laluan air yang tersumbat disebabkan sampah sarap yang dibawa oleh air atau tertutup akibat kerja-kerja pembinaan yang dijalankan di kawasan sekitar. Kejadian ini sering berlaku di atas jalan raya dan boleh menyebabkan kesesakan lalu lintas. Fenomena air bertakung dilihat setara dengan konsep banjir pluvial (*pluvial flood*) atau lebih dikenali sebagai banjir kilat. Fenomena banjir pluvial kerap berlaku di kawasan bandar yang disebabkan oleh sistem saliran bandar yang tidak cekap dan tidak mencukupi untuk menampung keamatan hujan (McGrane 2016; Tiza et al. 2016; Van Der Sterren et al. 2007).

Kembali kepada konteks asal kajian, analisis terhadap perbezaan bilangan banjir kilat pada fasa sebelum dan selepas pembinaan terowong ini, kajian ini berpendapat bahawa terowong SMART telah memainkan peranannya dengan baik dalam menangani isu banjir kilat. Fenomena air bertakung yang muncul pada fasa selepas terowong SMART dibina dilihat sebagai impak daripada aktiviti perbandaran pesat yang berlaku di Kuala Lumpur. Air bertakung mempunyai persamaan konsep dengan banjir *pluvial* yang sering terjadi di kawasan bandar. Banyak bandar kontemporari terdedah kepada banjir *pluvial* dan risiko berkaitan dijangka meningkat seiring dengan kejadian iklim ekstrim, peningkatan penduduk bandar dan usia infrastruktur yang sedia ada (Hossain et al., 2015).



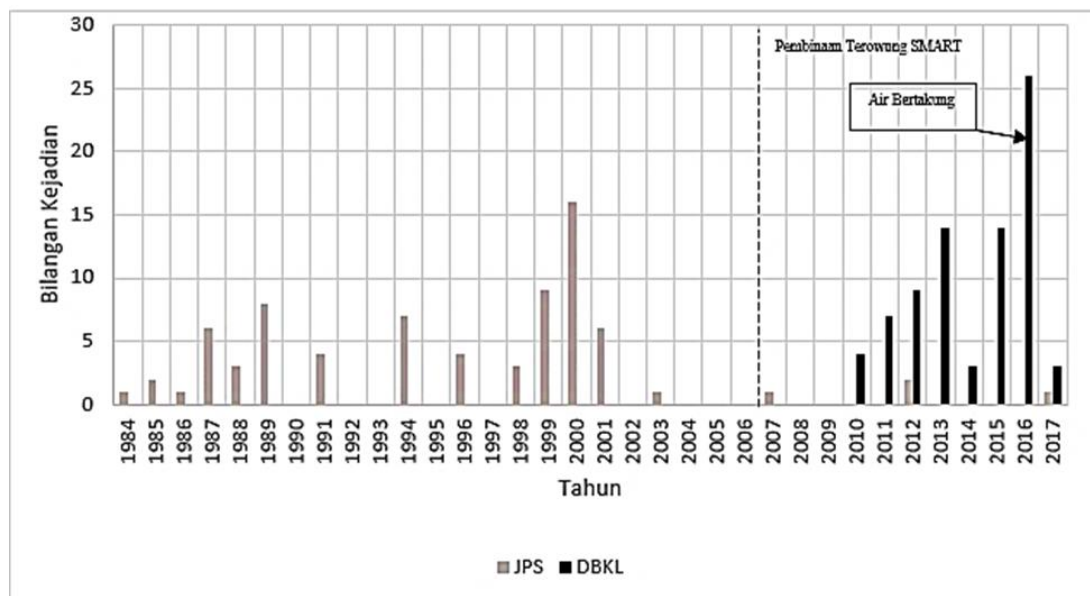
(a)



(b)

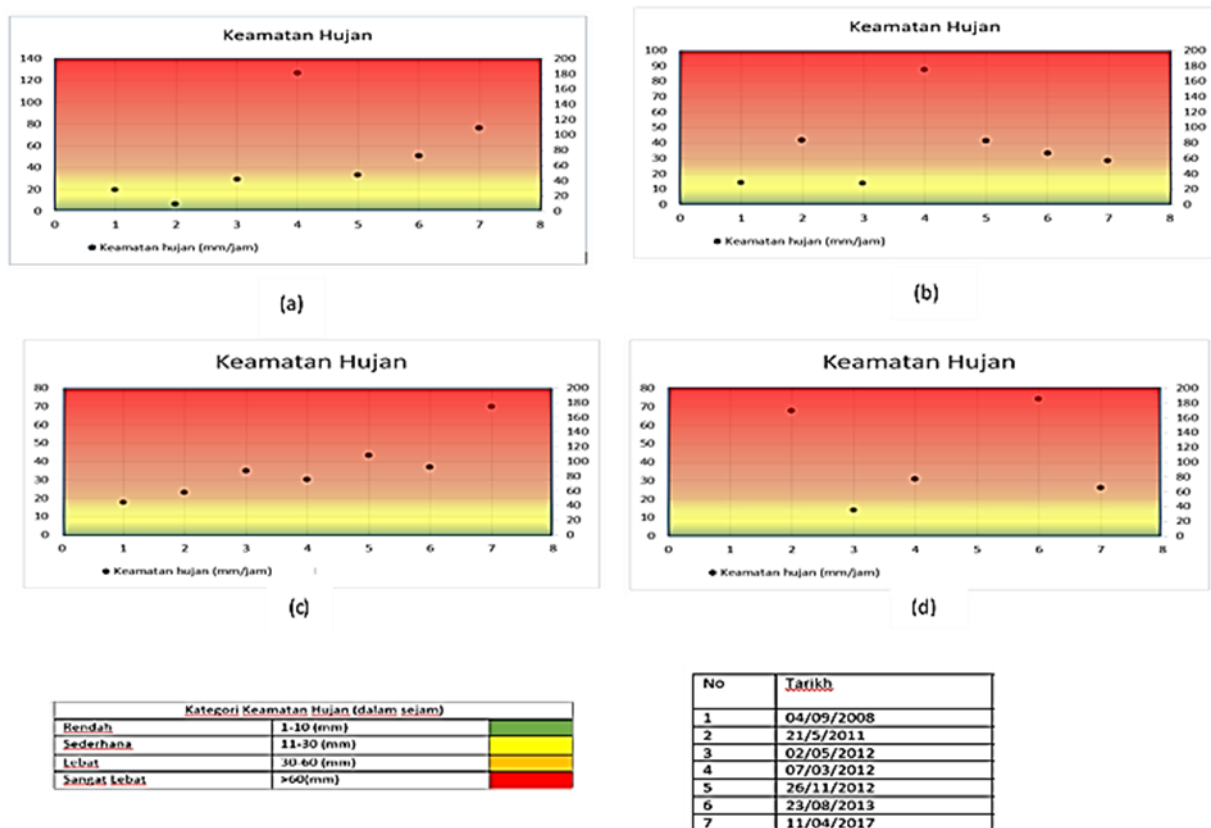
(Sumber: JPS, DBKL, & SEADPRI-UKM 2008-2017).

Rajah 4 (a & b). (a) Peta menunjukkan kejadian banjir kilat sebelum pembinaan Terowong SMART manakala, (b) Peta menunjukkan kejadian banjir kilat dan air bertakung selepas pembinaan Terowong SMART.



(Sumber: JPS, DBKL, & SEADPRI-UKM).

Rajah 5. Bilangan kejadian banjir kilat di Kuala Lumpur dari tahun 1984-2017.



(Sumber: JPS & <http://publicinfobanjir.water.gov.my/>)

Rajah 6. Jadual Keamatan Hujan bagi Stesen Hujan (a) Kampung Berembang, Keramat, (b) Stesen Hujan Sungai Bunus, Jalan Tun Razak, (c) Stesen Hujan Bulatan Kampung Pandan, Jalan Tun Razak dan (d) Stesen Hujan Ibu Pejabat JPS Wilayah Persekutuan.

Kajian oleh Jamaludin et al. (2010) menyelidiki pola taburan dan trend hujan di Semenanjung Malaysia berdasarkan indeks hujan mengikut musim. Hasil daripada kajian, trend amaun hujan dan hari basah di kebanyakan stesen didapati menurun ketika monsun barat daya seiring dengan peningkatan kelembatan hujan. Berlainan pula ketika monsun timur laut, di mana trend menaik diperolehi bagi indeks jumlah hujan dan frekuensi hari basah di beberapa stesen, yang turut menyebabkan peningkatan trend kelembatan hujan. Keputusan kedua-dua monsun juga menunjukkan penurunan trend secara signifikan berlaku bagi indeks frekuensi hari basah ekstrim di kebanyakan stesen di Semenanjung. Walau bagaimanapun, hanya bilangan kecil trend signifikan diperolehi bagi kelembatan melampau.

Keamatan hujan adalah pemboleh ubah input utama dalam pelbagai analisis hidrologi dan pemodelan. Malangnya, kualiti data hujan selalunya lemah dan rekod data yang boleh dipercayai diperolehi pada jangka masa kasar seperti tahunan, bulanan dan harian (Harisaweni et al. 2016). Merujuk kepada Rajah 6, jadual (a) ialah bacaan hujan pada stesen hujan Kampung Berembang, Keramat, jadual (b) ialah stesen hujan Sungai Bunus, Jalan Tun Razak, jadual (c) ialah stesen hujan Bulatan Kampung Pandan, Jalan Tun Razak dan jadual (d) ialah

stesen hujan Ibu Pejabat JPS Wilayah Persekutuan. Bacaan hujan pada stesen hujan Kampung Berembang pada tarikh 21 Mei 2011 tidak menunjukkan bacaan pada paras lebat atau sangat lebat yang memerlukan Terowong SMART ditutup (mod 4). Oleh itu, bacaan daripada stesen-stesen hujan berhampiran di ambil. Stesen-stesen ini dipilih dengan menggunakan Poligon Thiessen melalui pendekatan bahawa stesen yang terletak di dalam lingkungan yang sama mempunyai bacaan yang sama.

Jamaluddin et al. (2019) juga menyatakan bahawa kejadian hujan petang maksimum semasa musim peralihan monsun di kaki bukit Banjaran Titiwangsa adalah lebat dan sering berlaku; kejadian hujan sepanjang hari di pantai timur semenanjung (sub-rantauan PT) semasa monsun timur laut adalah lebat dan sering berlaku; kejadian hujan pada pagi di lembah-pedalaman semenanjung (sub-rantauan LP) semasa monsun timur laut adalah rendah walaupun hujan lebat sering berlaku pada petangnya; dan kejadian hujan pagi maksimum di pantai barat semenanjung (sub-rantauan PB) semasa Jun-Julai-Ogos-September-Oktober-November (JJOSON) merupakan kejadian hujan yang melampau namun kekerapannya adalah rendah.

Melalui rekod bacaan hujan yang diperolehi, kejadian banjir kilat yang menyebabkan Terowong ditutup (mod 4) sering berlaku pada waktu petang iaitu dari pukul 3 petang hingga 6 petang. Hanya pada tarikh 23 Ogos 2013 hujan lebat pada waktu pagi iaitu pada pukul 5 pagi hingga 7 pagi. Waktu kejadian banjir kilat sering berlaku pada waktu petang iaitu dari pukul 5 hingga 6 petang ialah waktu puncak kesesakan lalu lintas kerana waktu pulang kerja manakala waktu pagi dari pukul 6 hingga 7 pagi juga ialah waktu sesak kerana waktu pergi kerja. Jika Terowong SMART tidak berfungsi menghalang banjir kilat semasa tarikh-tarikh tersebut, kesesakan jalan akan berlaku dengan lebih teruk lagi kerana jalan akan dibanjiri oleh air dan tidak dapat dilalui (Bhuiyan et al. 2018).

Terowong SMART direka untuk memberikan perlindungan Q100 (ARI 100/Purata Selang Pengulangan 100 tahun). Oleh itu, sebuah terowong yang sangat besar dengan diameter dalaman 11.8 m dibina. Semasa aliran puncak Q100, pelepasan di pertemuan Klang / Ampang adalah 290 cumecs. Aliran banjir ke bandar akan dikurangkan dengan mengalihkan 280 m³ air banjir di Klang / Ampang ke kolam tadahan di Kampung Berembang dan membolehkan 10 cumecs melewati bandar. Air itu akan mengisi kolam dan apabila ia mencapai ketinggian tertentu, ia akan dialirkan ke dalam terowong pintasan melalui pintu bel dan kemudian disimpan di kolam Taman Desa sebelum akhirnya dikeluarkan dari hilir bandar. Pembebasan air ini dikawal selia untuk mengelakkan banjir hiliran dan tindakan pengawalan dan pelepasan ini juga membantu mengurangkan storan yang sepatutnya diperlukan. Keseluruhan kapasiti simpanan keseluruhan sistem ialah 3 juta meter padu (0.6 juta m³ di kolam tadahan, 1 juta m³ di terowong dan 1.4 juta m³ di kolam simpanan di Taman Desa) (Zainab et al. 2013).

Kajian oleh Zainab et al. (2013) pula mendapati bahawa aliran maksimum yang direkodkan berhampiran pertemuan Klang/Ampang adalah 471.83 m³/s dan paras air tertinggi yang dicatatkan di kolam tadahan melebihi 38.00 mLSD. Jambatan Tun Perak mencapai tahap tertinggi iaitu 29.42 mLSD pada jam 7.18 malam, 21 Mei 2011. Sejumlah 3.2 juta meter padu air banjir telah dialihkan ke dalam sistem SMART. Sekiranya SMART tidak dibina, jumlah air banjir yang besar ini boleh menenggelamkan pusat bandar Kuala Lumpur.

Dalam usaha mengatasi fenomena air bertakung, penyelenggaraan saluran air dan longkang di kawasan-kawasan *hostpot* tersebut perlu dilakukan dengan lebih kerap. Selain itu, kaedah semula jadi juga boleh digunapakai, seperti membuat lubang berongga atau lubang-lubang dalam tanah yang diisi batuan yang berongga secara menegak. Batuan ini akan menyerap air hujan dan melepaskannya perlahan-lahan sebagai air bawah tanah. Manakala, kaedah kedua

pula, mewujudkan lebih banyak kawasan rekreasi yang beralun dan dilitupi rumput yang bertindak sebagai kawasan tadahan air hujan sementara. Seterusnya, kaedah ketiga ialah mengaplikasi sistem paip berongga iaitu satu sistem yang hampir sama dengan kaedah lubang berongga. Tetapi, sistem ini adalah secara mendatar (tertanam dalam tanah) dan ia mengalirkan air ini ke sistem tangki simpanan air bawah tanah. Kemudiannya tangki ini akan menyimpan air hujan dan membenarkan air meresap menjadi air bawah tanah secara perlahan-lahan.

Keamatan hujan yang tinggi sering berlaku di Kuala Lumpur. Air hujan yang berlebihan ini boleh dijadikan satu sumber air bagi penduduk Kuala Lumpur yang berjumlah 1.7 juta orang. Setiap kali kejadian banjir berlaku, lebih kurang 290 cume isipadu air hujan turun tetapi air hujan ini terbuang dan tidak diuruskan dengan baik. Keperluan air bagi setiap seorang penduduk hanya 200 liter sehari. Jika diuruskan dengan bijak, air lebihan ini mampu membekalkan air percuma kepada golongan B40 (berpendapatan isi rumah 40% terendah) di Kuala Lumpur yang berjumlah 60,600 orang atau sekurang-kurangnya dapat memenuhi Loji Rawatan Air di Bukit Nanas dan Wangsa Maju malah dapat mengurangkan kebergantungan Kuala Lumpur kepada sumber air dari Negeri Selangor sahaja, disamping dapat menjana ekonomi di Kuala Lumpur serta dapat mengurangkan risiko banjir di kawasan bandar seperti yang telah dipraktikkan di negara luar seperti di Singapura, Hong Kong dan Shanghai.

Kesimpulan

Kejadian banjir kilat dan air bertakung boleh menyebabkan kerugian harta benda dan gangguan lalu lintas dan boleh menjejaskan ekonomi jika ianya kerap berlaku. Berdasarkan analisis yang dijalankan, kajian ini mendapati bahawa kejadian banjir kilat telah berkurang selepas pembukaan Terowong SMART tetapi kejadian air bertakung pula sering berlaku. Hanya tujuh kejadian banjir kilat yang berlaku di kawasan itu pada fasa selepas pembinaan terowong SMART. Namun, fenomena air bertakung lebih kerap terjadi di kawasan litupan SMART tersebut selepas tahun 2010 di mana sebanyak 83 kejadian air bertakung direkodkan oleh pihak DBKL. Air bertakung berlaku selepas hujan lebat apabila air tidak dapat diserap terutamanya di permukaan konkrit dengan penyaliran yang kurang. Ia biasanya disebabkan oleh kekurangan larian air ke arah longkang dan sistem perparitan jalan yang kurang efisien.

Penyelenggaraan saluran air dan longkang di kawasan-kawasan *hotspot* tersebut perlu dilakukan dengan lebih kerap untuk mengatasi masalah air bertakung. Selain itu, terdapat beberapa kaedah yang boleh diguna pakai. Antaranya adalah dengan meningkatkan penyerapan air oleh tanah dengan membuat lubang berongga, mewujudkan lebih banyak kawasan rekreasi yang bertindak sebagai kawasan tadahan air hujan sementara dan mengalirkan air ini ke sistem tangki simpanan air di bawah tanah. Keamatan hujan yang tinggi sering berlaku di Kuala Lumpur dan air hujan yang berlebihan ini boleh dijadikan satu sumber air bagi penduduk Kuala Lumpur, khususnya untuk membekalkan air percuma kepada golongan B40 disamping mengurangkan kejadian air bertakung.

Penghargaan

Penyelidikan ini merupakan sebahagian daripada projek yang bertajuk Disaster Resilient Cities: Forecasting Local Level Climate Extremes and Physical Hazards for Kuala Lumpur (XX-2017-002) yang disokong oleh Research and Innovation Bridges Programme of the Newton-Ungku Omar Fund yang ditadbir oleh Malaysian Industry-Government Group for High Technology (MIGHT) dan Innovate UK.

Rujukan

- Abdullah, K. 2004. Kuala Lumpur: Re-Engineering A Flooded Confluence. *Fourteenth Professor Chin Fung Kee Memorial Lecture*.
- Aziz, I. H. 2013. KL, Selangor Dilanda Banjir Kilat. *Utusan Malaysia Online*. Retrieved from http://ww1.utusan.com.my/utusan/Dalam_Negeri/20131011/dn_09/KL-Selangor-dilanda-banjir-kilat
- Bhuiyan, T. R., Hasan Reza, M. I., Choy, E. A. & Pereira, J. J. 2018. Direct impact of flash floods in Kuala Lumpur City: Secondary data-based analysis. *ASM Science Journal* 11(3): 145–157.
- Bhuiyan, T. R., Reza, M. I. H., Choy, E. A. & Pereira, J. J. 2018. Facts and trends of urban exposure to flash flood: A case of kuala lumpur city. *Community, Environment and Disaster Risk Management* 20(November): 79–90. doi:10.1108/S2040-726220180000020016
- Chong Wing, C. 2016. Managing Flood Problems. *Buletin Ingenieur* 38–43.
- Diya, S. G., Gasim, M. B., Toriman, M. E. & Abdullahi, M. G. 2014. Floods in Malaysia: Historical Reviews, Causes, Effects and Mtigations Approach. *International Journal of Interdisciplinary Research and Innovations* 2(4): 59–65. doi:10.5897/AJBx10.009
- Harisaweni, Yusop, Z. & Yusof, F. 2016. The use of BLRP model for disaggregating daily rainfall affected by monsoon in Peninsular Malaysia. *Sains Malaysiana* 45(1): 87–97.
- Hashim, N. & Ahmad, A. H. 2007. Tepubina bandar : Isu dan kaitannya dengan kesihatan ekosistem lembangan saliran. *Geografia Malaysian Journal of Society and Space* 3(1): 20–34.
- Ishak, A. M., Redzuan, N., Kalken, T. V. A. N. & Brown, K. 2017. Malaysian National Water Balance System (Nawabs) for Improved River Basin Management : Case Study in the Muda River Basin. *E-proceedings of the 37th IAHR World Congress August 13 – 18, 2017, Kuala Lumpur, Malaysia MALAYSIAN* 6865(1): 4421–4430.
- Jamaludin, S., Mohd Deni, S., Wan Zin, W. Z. & Abdul Aziz, J. 2010. Trends in Peninsular Malaysia Rainfall Data During the Southwest Monsoon and Northeast Monsoon Seasons: 1975–2004. *Sains Malaysiana* 39(4): 533–542. doi:10.1016/j.healthplace.2008.09.010
- JPS. 2017. *Laporan Banjir Tahunan Bagi Tahun 2016/2017*.
- Lee, R. 2012. Penutupan SMART Bawa Kepada Peningkatan Kos Operasi. www.mstar.com.my. Retrieved from <https://www.mstar.com.my/lokal/semasa/2012/11/30/penutupan-smart-bawa-kepada-peningkatan-kos-operasi>
- McGrane, S. J. 2016. Impacts of urbanisation on hydrological and water quality dynamics, and urban water management: a review. *Hydrological Sciences Journal* 61(13): 2295–2311. doi:10.1080/02626667.2015.1128084
- Mohamad Khairul Nizam, M. A. C., Mohd Wafiq, I., Muhammad Farid, A. F., Mohamad Taufiq, M., Muhammad Amirul Afham, H., Mohamad Nurul Hafizi, M. N., Edie Azhar, R., et al. 2014. *Stormwater Management And Road Tunnel (SMART) Project In Kuala Lumpur, Malaysia. Universiti Kuala Lumpur*. Universiti Kuala Lumpur.

- Mohamad Yusoff, I., Ramli, A., Mhd Alkasirah, N. A. & Mohd Nasir, N. 2018. Exploring the managing of flood disaster: A Malaysian perspective. *Malaysian Journal of Society and Space* 14(3): 24–36. doi:10.17576/geo-2018-1403-03
- Nuhu, I. 2017. A Relationship between Flood Occurrences and the Maintenance Works of SMART Tunnel, Kuala Lumpur, Malaysia. *International Journal of Research and Review* (March).
- Nuhu, I. & Ali, M. 2017. A Thematic Analysis on the Causes of Flood Disaster and Roles of Smart Tunnel in Flood Disaster Management in Kuala Lumpur Malaysia. *International Journal of Research and Review* (March).
- Nuhu, I. & Maimunah, A. 2015. A Review of the Literature on the Roles and Features of SMART Tunnel. Kuala Lumpur, Malaysia. *International Journal of Research and Review* 2(July): 465–475.
- Pusat Kawalan SMART. 2016. What is SMART? *SMART Motorway Tunnel*. <http://smarrtunnel.com.my/smart/what-is-smart/> [10 November 2017].
- Samsuri, N., Abu Bakar, R. & Unjah, T. 2018. Flash Flood Impact in Kuala Lumpur—Approach Review and Way Forward. *International Journal of the Malay World and Civilisation* 6(Special Issue 1): 69–76. doi:<https://doi.org/10.17576/jatma-2018-06SI1-10>
- Sani, G. D., Muhd, B. G., Mohd, E. T. & Musa, G. A. 2014. Floods In Malaysia: Historical Reviews , Causes , Effects and Mitigations Approach. *International Journal of Interdisciplinary Research and Innovations* 2(4): 59–65.
- Schumann, A. H. 1998. Encyclopedia of Hydrology and Lakes, hlm. 648–649. Kluwer Academic Publishers. doi:https://doi.org/10.1007/1-4020-4497-6_220
- Tiza, M. T., Iorver, V. T. & Iortyom, E. T. 2016. The Effects of Poor Drainage System on Road Pavement: A Review. *International Journal for Innovative Research in Multidisciplinary Field* 2(8).
- Van Der Sterren, M., Shrestha, S. & Rahman, A. 2007. A Risk Assessment of Ponding Using Grated Drainage System In Urban Areas of Western Sydney in Australia. *World Environmental and Water Resources Congress : Restoring Our Natural Habitat* 1–8. doi:[https://doi.org/10.1061/40927\(243\)569](https://doi.org/10.1061/40927(243)569)
- Ward, P. J., Jongman, B., Aerts, J. C. J. H., Bates, P. D., Botzen, W. J. W., Diaz Loaiza, A., Hallegatte, S., et al. 2017. A global framework for future costs and benefits of river-flood protection in urban areas. *Nature Climate Change* 7(9): 642–646. doi:10.1038/nclimate3350
- Yusop, S. H. 2011, December 8. Elak 8 banjir besar limpahi KL. *Berita Harian*. Retrieved from <http://www.bharian.com.my/articles/E...ahiKL/Article/>
- Zainab, H., Nor Hisham, M. G. & Larry Charles, S. @ J. 2013. SMART Saves Kuala Lumpur City Centre from Innundation. *The Journal of Water Resources Management* 1(2): 17–34.