



Kebolehpayaan sistem penuaian hujan sebagai bekalan air alternatif di Malaysia: Suatu penelitian awal

Shamsuddin Man¹, Noorazuan Md Hashim², Asmala Hj Ahmad³, Khin Maung Thet², Nurul Safiah Sidek²

¹Department of Production Technology, German Malaysian Institute, 43000 Kajang, Selangor, ²Pusat Pengajian Sosial, Pembangunan dan Persekitaran, Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, ³Jabatan Komputer Industri Fakulti Informasi dan Teknologi Komunikasi, Universiti Teknikal Malaysia Melaka

Correspondence: Shamsuddin Man (email: shamsuddin@gmi.edu.my)

Abstrak

Sistem Penuaian Air Hujan dianggap sebagai Kaedah Pengurusan Terbaik atau "Best Management Practice (BMP)" yang diamalkan di Malaysia. 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. Terdapat juga pandangan yang mengatakan sistem tersebut tidak viable dan praktikal memandangkan kos binaan dan penyelenggaraan yang terpaksa ditanggung oleh pengguna sistem berkenaan. Bagaimanapun, terdapat beberapa kajian di dalam dan diluar negara menunjukkan faktor 'return on capital' atau ROC bagi sistem ini hanyalah di dalam tempoh masa yang pendek, iaitu antara dua hingga tiga tahun. Artikel ini cuba meneliti tapak pelaksanaan sistem berkenaan di kampus Universiti Kebangsaan Malaysia sebagai makmal ujikaji khusus. Hasil pengoperasian sistem analisis TANGKINAHMIM (2010), telah mendapati taburan hujan yang konsisten sepanjang tahun, di samping keluasan tapak tadahan air yang besar dan mencukupi untuk kegunaan operasi pejabat di Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan. Kebolehpercayaan terhadap sistem berkenaan adalah tinggi iaitu 89.3% dan didapati saiz tangki yang optimum adalah di sekitar 60 hingga 65 meter padu air yang mampu diisi. Anggaran saiz berkenaan adalah didapati bersesuaian dengan saiz tadahan, jumlah populasi (pengguna) dan juga perletakan lokasi yang strategik.

Katakunci: bekalan air alternatif, BMP, kebolehpayaan sistem, NAHRIM, penuaian air hujan, tadahan

The reliability of rainwater harvesting system as an alternative source of water supply in Malaysia: A preliminary study

Abstract

Rainwater harvesting system is considered as a Best Management Method or Best Management Practices (BMP) in Malaysia. This system is not only meant to slow down the flow of runoff but also to serve as an alternative source of water supply that is free and safe to use. Although there is the view that the system is not viable and practical in terms of the construction and maintenance costs to users, there have been studies in and outside the country which show that the return on capital (ROC) of this system takes only between two to three years. This paper examines the system performance at an experimental laboratory site in the Universiti Kebangsaan Malaysia campus known as TANGKINAHMIM. The operation results of this analysis system have found consistent rainfall throughout the year (2010) and a large water catchment site sufficient for the daily needs of the Faculty of Social Sciences and Humanities. The reliability of the system was found to be high at 89.3%. Finally, the optimal water tank size of 60 to 65 cubic meters was found to be appropriate for the size of the catchment and the total population of users, signifying the strategic location of the laboratory site.

Keywords: alternative water supply, BMP, catchment, NAHRIM, rain harvesting, system reliability

Pendahuluan

Air merupakan keperluan hidup yang utama sama ada kepada manusia mahupun ekosistem semulajadi. Penggunaan air bersih boleh dibahagikan kepada sektor domestik, industri dan pertanian. Bagaimanapun, sektor pertanian tidak memerlukan keperluan kualiti air yang tinggi seperti sektor yang lain. Justeru, dilihat sektor domestik dan industri merupakan sektor utama pengguna air bersih di Malaysia.

Menurut AWER (2010), ia meramalkan pertambahan yang drastik di dalam permintaan bekalan air pada tahun 2020. Baru-baru ini kerajaan melalui beberapa Kementerian Kerajaan telah menyarankan kepada rakyat supaya berjimat cermat dalam menggunakan bekalan air bersih yang disalurkan. Maka timbullah konsep penuaian hujan bagi menampung bekalan air yang sedia ada yang mana bekalan itu kadang kala akan terputus akibat daripada masalah-masalah yang timbul seperti paip bocor, catuan air dan juga pembaikpulihan saluran paip. Maka disini, penuaian air hujan dilihat sebagai sumber alternatif yang berpaksikan kepada teknologi hijau yang selamat dan mapan (Mackenzie & David, 1991).

Sistem Penuaian Air Hujan dianggap sebagai Kaedah Pengurusan Terbaik atau the “Best Management Practice (BMP)” yang diamalkan di Malaysia (Noorazuan, 1999). 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. Kawasan tadahan bagi sistem ini adalah keluasan bumbung bangunan. Sistem ini mempunyai dua fungsi utama iaitu sebagai “On Site Detention” dan Penuaian Air Hujan (Ahmad et al., 2000).

“On Site Detention Storage” berfungsi untuk melambatkan aliran air larian permukaan yang mana dengan menahan seketika air hujan. Manakala tangki penuaian air hujan adalah berfungsi sebagai bekalan air hujan untuk kegunaan di tandas, menyiram kebun membasuh kereta dan lain-lain kegunaan lagi. Namun begitu air hujan ini masih belum dapat untuk digunakan untuk kegunaan harian kita seperti air mandian dan air minuman. Ini kerana di dalam air hujan terkandung beberapa jenis bahan kimia yang boleh membahayakan kesihatan manusia (Ahmad, 1999). Di Selangor, kementerian akan memperkenalkan konsep penuaian hujan supaya kos rawatan air dapat dikurangkan. Kebanyakan air yang dituai hanya dikhaskan untuk menjalankan aktiviti harian seperti membasuh kereta, menyiram pokok dan mencuci kenderaan.

Penggunaan Sistem Penuaian Air Hujan boleh memberi kesan yang baik (Department of Irrigation and Drainage Malaysia, 2000), antaranya:-

1. Dapat menjimatkan penggunaan air bersih
2. Mengurangkan bil-bil air
3. Melambatkan air larian permukaan
4. Mengatasi masalah bekalan air di kawasan-kawasan pendalaman

Isu kajian

Laporan bekalan air bersih terkini di Malaysia mendapati kapasiti pengeluaran air bagi 33 loji rawatan air di Selangor, Kuala Lumpur dan Putrajaya pada masa ini masih melebihi dari purata permintaan (BERNAMA, 2011). Namun, dengan pertambahan populasi (3.5% setahun) dan pertumbuhan industri yang rancak memungkinan rezab bekalan air akan menurun dengan begitu drastik. Menurut pihak SYABAS, rezab simpanan air adalah hanya pada kadar tiga hingga lima peratus sehari (kira-kira 150 hingga 200 JLH).

Justeru, kita tidak boleh menolak kebarangkalian berlakunya krisis air yang akan membawa bencana kepada manusia dan aktiviti ekonomi. Populasi penduduk juga bertambah sejak enam tahun lepas dengan kadar 3.5 peratus setahun dan senario ini memerlukan pertambahan kira-kira 10 peratus rezab kapasiti air bagi menampung keperluan pengguna pada waktu puncak dan bagi mempercepatkan tempoh pemulihan sekiranya berlaku gangguan bekalan.

Pencemaran sungai yang semakin membimbangkan sejak akhir-akhir ini dijangka akan menambahkan lagi padah dan krisis air khususnya di Selangor. Keadaan itu akan menyebabkan pihak pembekal air

seperti Puncak Niaga terpaksa berhadapan dengan tekanan tinggi untuk merawat air bagi menampung permintaan. Di samping itu, perubahan cuaca dunia juga telah dilihat turut menjadi penyumbang yang akan mempercepatkan lagi krisis bekalan air di negara ini. Pada masa yang sama, penggunaan air di kalangan rakyat Malaysia yang semakin meningkat sejak beberapa tahun kebelakangan ini menambahkan lagi tekanan tersebut (Nik, 1990).

Krisis air ini bukan sahaja diramalkan akan berlaku di Malaysia, malahan ianya akan dirasai di seluruh dunia selewat-lewatnya pada 2050 (United Nation, 2011). Senario ini akan terus menghantui masyarakat dunia dan Malaysia khususnya jika kita tidak mengambil langkah proaktif dalam menangani isu berkenaan. Oleh itu, kaedah penuaian air hujan dianggap sebagai penyelesaian yang sesuai kepada isu kekurangan bekalan air.

Objektif kajian

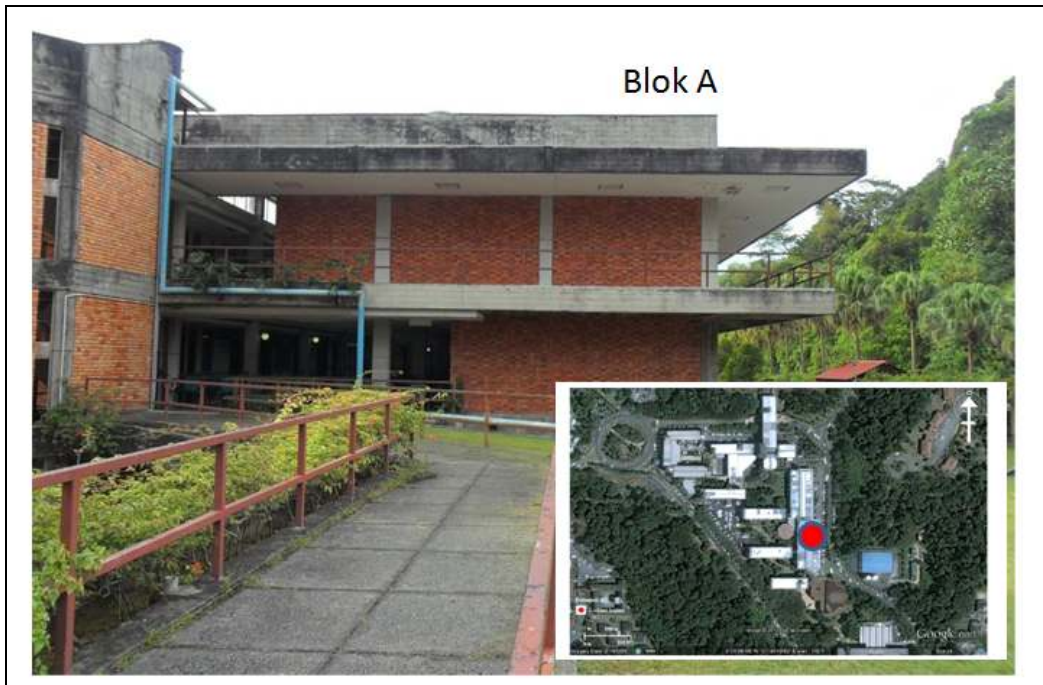
Secara umumnya, objektif kajian ini adalah seperti berikut;

- 1) Mengenalpasti keupayaan tapak kajian eksperimental Universiti Kebangsaan Malaysia di dalam menyediakan lokasi yang paling sesuai atau berpotensi untuk mengaplikasikan kaedah penuaian air hujan.
- 2) Meramalkan kebolehpayaan sistem penuaian air hujan serta kemampuan di dalam mengembalikan kos pulangan pelaburan (return on capital) sistem berkenaan.

Kawasan kajian dan metodologi

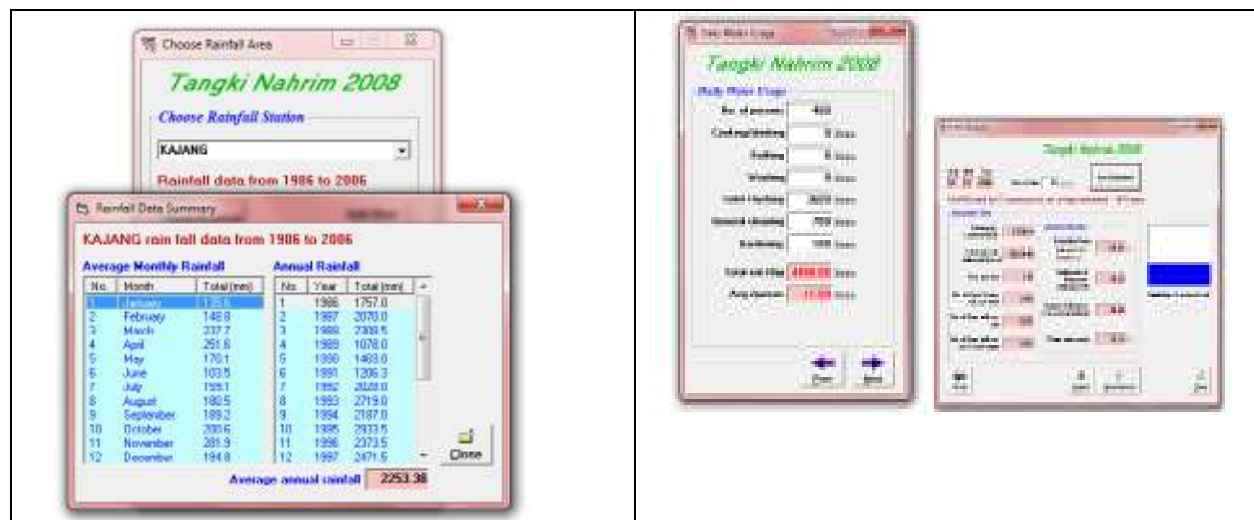
Pengkaji ingin mencadangkan sistem penuaian air hujan ini diaplikasikan di Bangunan Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan (FSSK), Universiti Kebangsaan Malaysia. Hal ini bertujuan untuk memenuhi keperluan penggunaan air dalam kalangan komuniti fakulti serta mengurangkan kebergantungan terhadap sumber air bersih yang dibekalkan oleh syarikat bekalan air yang dilantik. Selain itu, cadangan pembinaan sistem penuaian air hujan di bangunan FSSK ini adalah bertujuan sebagai persediaan sumber air alternatif kepada komuniti fakulti apabila berlakunya gangguan air pada suatu tempoh yang panjang.

Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan (FSSK) telah dilancarkan pada 15 November 2001 hasil penstrukturan semula tiga fakulti rumpun sains sosial. Fakulti- fakulti yang terbabit dalam penstrukturan semula itu ialah Fakulti Sains Kemasyarakatan dan Kemanusiaan (FSKK), Fakulti Pengajian Bahasa (FPB) dan Fakulti Sains Pembangunan (FSP). Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan (FSSK) mempunyai enam buah pusat pengajian iaitu Pusat Pengajian Bahasa dan Linguistik, Pusat Pengajian Bahasa, Kesusasteraan dan Kebudayaan Melayu, Pusat Pengajian Media dan Komunikasi, Pusat Pengajian Psikologi dan Pembangunan Manusia, Pusat Pengajian Sosial, Pembangunan dan Persekitaran serta Pusat Pengajian Sejarah, Politik dan Strategi. Kawasan untuk pengkaji menjalankan kajian berkenaan kebolehpercayaan Tangki NAHRIM ini adalah di Blok A Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan (Rajah 1). Hal ini kerana, saiz bumbung di Blok A mempunyai saiz bumbung yang agak besar berbanding bumbung bangunan yang lain, iaitu seluas menghampiri 2,000 meter persegi. Selain itu, bangunan ini terletak di kawasan yang agak terbuka, tidak terlindung oleh pokok-pokok besar atau bangunan-bangunan lain. Blok A yang mempunyai 5 paras ini mempunyai sejumlah 15 bilik seminar, 96 buah bilik pensyarah, 10 buah makmal, 4 buah tandas, 2 bilik sumber, 2 buah surau dan sebuah bilik gerakan Kelab Mahasiswa Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan.



Rajah 1. Kedudukan Blok A di FSSK, UKM Bangi

Kawasan bumbungnya adalah seluas 65m (panjang) x 30m (lebar) dan mempunyai jenis bumbung konkrit, luas kawasan tadahan 1950 meter persegi. Untuk menandakan analisis kebolehpercayaan penuaian air hujan dalam sistem perisian TANGKINAHHRIM (Rajah 2), nilai koefisien air larian bagi bumbung konkrit berkenaan dianggarkan sebanyak 0.8, iaitu sebanyak 20% daripada jumlah air hujan tidak akan bertukar menjadi larian permukaan (disejat oleh proses sejatan, ataupun disusup masuk ke komponen telap air).



Rajah 2. Interface dalam perisian TANGKINAHHRIM

Maklumat hujan di ambil daripada Jabatan Meteorologi Malaysia untuk stesen Kajang tahun 1986-2006 (20 tahun) dengan nilai purata tahunan sebanyak 2253mm/tahun. Untuk kajian ini, dianggarkan

seramai 400 orang pengguna dengan jumlah air untuk kegunaan tandas dianggarkan sebanyak 3600liter/hari dengan penggunaan air untuk kegunaan penyelenggaraan sebanyak 800 liter/hari. Untuk mengelakkan dari pencemaran air akibat pengumpulan bahan buangan, debu, daun dan juga najis binatang (burung dll) maka sebanyak 1.95 meter padu air atau 1mm daripada air larian dari peristiwa hujan perlu dibuang melalui kaedah *first flush*.

Hasil kajian dan perbincangan

Jadual 1 menunjukkan jumlah kemampuan tangki menerima air hujan secara keseluruhan, iaitu selama 7670 hari mengikut saiz tangki. Didapati, semakin bertambah saiz tangki, semakin tinggi jumlah kadar penerimaan air hujan bagi tangki yang dipilih untuk diletakkan di kawasan kajian. Bagi tangki yang bersaiz 10 m³, jumlah air hujan yang dapat diterima oleh tangki adalah sebanyak 18311.57 m³, manakala bagi pemilihan tangki yang bersaiz 100 m³, jumlah air hujan yang mampu diterima adalah sebanyak 31961.06 m³. Bagi jumlah penerimaan air hujan keseluruhan yang diterima oleh tangki bersaiz 60 cu. m adalah sebanyak 30117.14 m³.

Pemilihan saiz tangki yang besar meningkatkan lagi kuantiti penerimaan air hujan secara keseluruhannya. Hal ini kerana, saiz memainkan peranan dalam menentukan kemampuannya untuk menampung. Pemilihan tangki yang kecil adalah terhad dari segi daya tampungan terhadap air hujan yang dituai kerana tangki hanya mampu menerima jumlah air hujan yang turun dalam kuantiti yang sedikit apabila saiz tangki kecil. Pemilihan saiz tangki yang besar pula meningkatkan lagi keupayaan untuk tangki menerima kuantiti air hujan yang banyak.

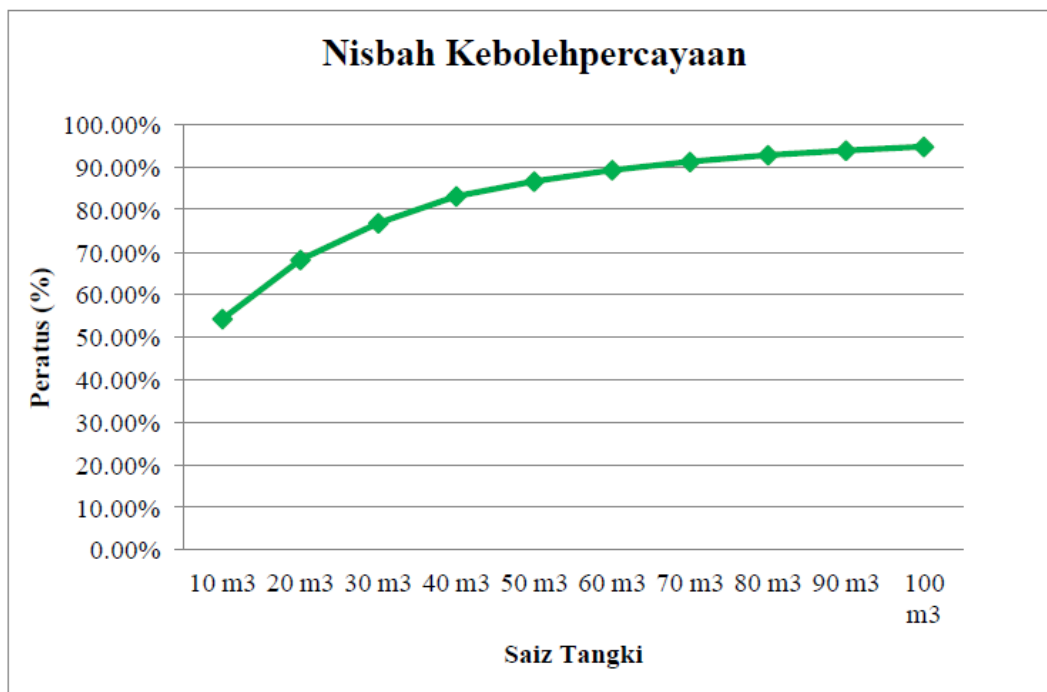
Jadual 1. Jumlah kemampuan tangki menerima air hujan secara keseluruhan

Saiz Tangki (m ³)	Jumlah Penerimaan Air Hujan Keseluruhan (m ³)	Purata per Hari (m ³)	Jumlah Penggunaan (hari)	Jumlah Hari Kering & Tangki Kosong (hari)
10	18311	2.39	3600	3457
20	22991	3.00	2498	2414
30	25914	3.38	1817	1756
40	28035	3.66	1362	1258
50	29214	3.81	1053	1013
60	30117	3.93	842	811
70	30767	4.01	692	664
80	31300	4.08	565	545
90	31665	4.13	481	462
100	31961	4.17	413	396

Walau bagaimanapun, tangki yang bersaiz 60 m³ dilihat lebih sesuai untuk dibangunkan di lokasi kajian yang dipilih. Hal ini kerana tangki saiz ini dilihat sebagai penengah. Kadar penerimaan air hujan adalah tidak terlalu besar, juga tidak terlalu kecil. Beza antara penerimaan air hujan tangki yang paling besar dengan tangki yang bersaiz 60 m³ adalah hanya sebanyak 1843.92 m³ sahaja. Bagi saiz tangki yang kecil dilihat agak kurang efektif dari segi kadar pengumpulan air hujan kerana tangki yang kecil, kadar penampungan adalah terhad. Sekiranya air hujan yang turun pada kadar intensiti yang tinggi sekalipun, tangki yang kecil tidak mampu menampungnya. Walau bagaimanapun, tangki yang bersaiz 60 m³ dilihat lebih sesuai untuk dibangunkan di lokasi kajian yang dipilih kerana tangki saiz ini dikategorikan sebagai penengah. Kadar purata per harinya adalah tidak terlalu besar, juga tidak terlalu kecil. Beza antara purata per hari yang paling besar dengan tangki yang bersaiz 60 m³ adalah hanya sebanyak 0.24 m³ sahaja

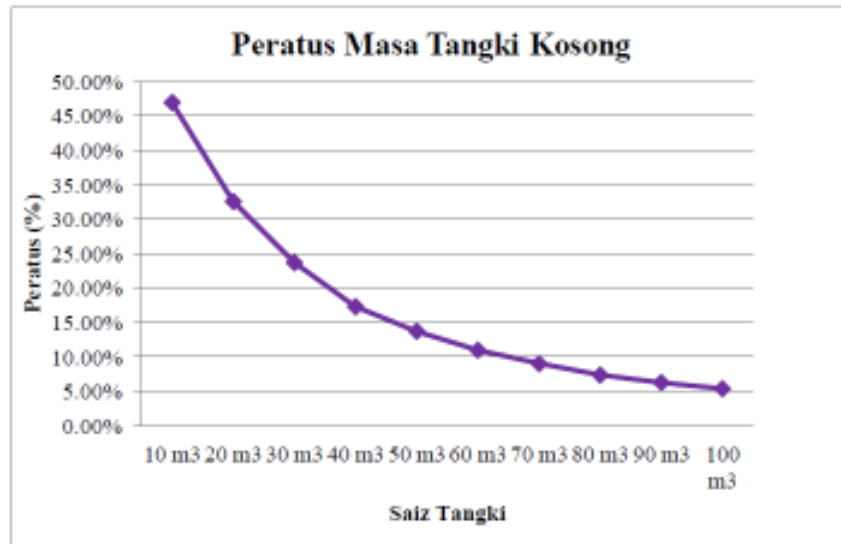
Jadual 2. Nisbah kebolehpercayaan sistem penuaian air hujan

Saiz Tangki	Nisbah Kebolehpercayaan	Pekali Penggunaan Air Hujan	Kecekapan Penyimpanan (1- (overflow/inflow))	% Masa Tangki Kosong
10 m3	54.30%	24.82%	27.13 [1- (overflow/inflow)]	46.94%
20 m3	68.17%	31.16%	33.34 [1- (overflow/inflow)]	32.57%
30 m3	76.84%	35.12%	37.02 [1- (overflow/inflow)]	23.69%
40 m3	83.13%	37.99%	39.24 [1- (overflow/inflow)]	17.29%
50 m3	86.62%	39.59%	40.80 [1- (overflow/inflow)]	13.73%
60 m3	89.30%	40.81%	41.92 [1- (overflow/inflow)]	10.98%
70 m3	91.23%	41.70%	42.73 [1- (overflow/inflow)]	9.02%
80 m3	92.81%	42.42%	43.33 [1- (overflow/inflow)]	7.37%
90 m3	93.89%	42.91%	43.78 [1- (overflow/inflow)]	6.27%
100 m3	94.77%	43.31%	44.17 [1- (overflow/inflow)]	5.38%



Rajah 3. Kebolehpercayaan sistem penuaian air hujan

Dalam kajian ini, pengkaji mengkaji tahap kebolehpercayaan tangki untuk penuaian air hujan (Jadual 2). Jadi, semakin tinggi kadar kebolehpercayaan, semakin tinggi kadar kesesuaian saiz tangki sistem penuaian air hujan yang akan dibina di bangunan Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan. Hal ini kerana, tangki yang besar menampung jumlah air yang banyak. Air yang banyak itu mampu untuk dibekalkan kepada pengguna. Sekiranya kebarangkalian tinggi, bermakna bekalan air yang dapat disimpan pada tangki adalah banyak. Tangki yang mempunyai peratus nisbah kebolehpercayaan melebihi 70 peratus adalah tangki yang agak ideal dipilih untuk dibina di lokasi kajian.



Rajah 4. Peratus tangki kosong

Jadual 3. Kecekapan penyimpanan tangki

Saiz Tangki	Kecekapan Penyimpanan [1- (overflow/inflow)]
10 m3	27.13 [1- (overflow/inflow)]
20 m3	33.34 [1- (overflow/inflow)]
30 m3	37.02 [1- (overflow/inflow)]
40 m3	39.24 [1- (overflow/inflow)]
50 m3	40.80 [1- (overflow/inflow)]
60 m3	41.92 [1- (overflow/inflow)]
70 m3	42.73 [1- (overflow/inflow)]
80 m3	43.33 [1- (overflow/inflow)]
90 m3	43.78 [1- (overflow/inflow)]
100 m3	44.17 [1- (overflow/inflow)]

Rajah 4 dan Jadual 3 masing-masing menunjukkan kesesuaian tangki air untuk sistem penuaian air hujan di FSSK UKM. Analisis di atas telah menunjukkan kepada kita tentang saiz tangki yang optimum untuk digunakan dalam penuaian air hujan, bergantung kepada keadaan meteorologi tempatan. Adalah didapati saiz tangki 60m³ dilihat sebagai yang paling ideal, dengan kadar kebolehppercayaan yang tinggi.

Jadual 4 menunjukkan jumlah kos yang terlibat sekiranya pihak UKM ingin membangunkan sistem penuaian air hujan berdasarkan kepada saiz tangki yang ideal. Jumlah kos yang terlibat adalah pembinaan sistem koleksi air hujan dan juga kos penyimpanan/storan serta distribusi air tersebut sebagai sistem air optional di Bangunan Blok A FSSK.

Hasil koleksi air dari sistem = 30,117,140 liter selama 20 tahun, bermakna untuk setahun, sebanyak 1,505,857 liter air mampu untuk disalurkan oleh sistem ini kepada blok berkenaan, atau sebanyak 4125 liter air/hari. Bagaimanapun jumlah hari yang boleh dibekalkan terhad kepada 6093 hari (di dalam tempoh 20 tahun).

Sekiranya satu meter padu air (caj tarif air bagi Negeri Selangor) untuk sektor industri dan perkhidmatan adalah sebanyak RM2.28/meter padu, makanya sebanyak 30,117 m³ x RM2.28 = RM 68,666.76 telah dijimatkan selama 20 tahun ataupun sebanyak RM3433.33 akan dijimatkan pada waktu setahun, atau RM286.10 pada setiap bulan dapat dijimatkan dari perbelanjaan bayaran bil caj air dari

SYABAS. Kos pembinaan sistem berkenaan adalah sebanyak RM5, 950, makanya kita hanya memerlukan sebanyak **20 bulan** untuk tempoh *return on capital (ROC)* bagi pelaburan sistem berkenaan.

Jadual 4. Kos kewangan untuk sistem berkenaan

Kos untuk pembinaan sistem koleksi air		Kos penyimpanan/storan air dan distribusi	
Gutter (uPVC)	RM 150.00	Gutter (uPVC)	RM150.00
Conveyance System	RM 200.00	Conveyance System	RM200.00
Plumbing works	RM 400.00	Plumbing works	RM400.00
First flush	RM500.00	Brick tank 5000 liters	RM2,600.00
Water tank (top 60m3)	RM 600.00	Water pump (electrical)	RM750.00
Jumlah kos = RM1,850		Jumlah Kos = RM 4,100.00	
Jumlah keseluruhan		RM5,950	

Kesimpulan

Sistem penuaian air hujan adalah contoh sistem optional bekalan air yang boleh digunakan dalam industri dan juga perkhidmatan. Kajian ini telah menunjukkan, keadaan meteorologi tempatan khususnya di Bandar Baru Bangi dan Kajang adalah bersesuaian untuk dibangunkan sistem berkenaan. Tahap kebolehpercayaan sistem adalah tinggi dan ROC bagi pelaburan sistem berkenaan mengambil masa hanya 20 bulan untuk mendapatkan kembali kos pelaburan berkenaan

Rujukan

- Ahmad Jamalluddin Shaaban et al. (1999) Alternative water supply options: Rainwater harvesting. Paper presented in a Workshop on Sustainable Management of Water Resources, Shah Alam, Malaysia, 20 July.
- Ahmad Jamalluddin Shaaban, Zakaria Harun, Jabir Kardi (2000) Detention cum rainwater harvesting storage system for office building at DID Ampang. Paper presented at a Seminar on Integrated Urban Drainage Improvements for the Cities of Melaka and Sg. Petani, Melaka, 5-6 June.
- AWER (2010) Penstrukturan semula industri air negara. Available from: <http://www.awer.org.my/indexbm.html>.
- BERNAMA (2011) Krisis air masa hadapan. *Berita Harian*. 13 Julai 2011.
- Department of Irrigation and Drainage Malaysia (2000) Urban Stormwater Management Manual for Malaysia.
- Mackenzie LD, David AC (1991) *Introduction to environmental engineering - Chemical engineering series*. Mc Graw-Hill International Edition, New York.
- Nik Fuaad Ablah (1990) Bekalan air, pembetulan dan pengairan USM Penang. Hubungkaitannya dengan kemandirian masyarakat luar bandar di Lenggeng, Negeri Sembilan. In: *Isu-isu populasi di Malaysia*. UKM, Bangi.
- Noorazuan MH (1999) Social analysis and water supply planning in Malaysia. *National Proceedings of Population issues in Malaysia II*, pp 1-6. UKM Bangi.
- TANGKINAHHRIM (2010). NAHRIM software model.
- United Nation (2011) *The 2011 Revision of World Urbanization Prospects*. United Nation.