

## **SIMULASI PENGURANGAN LIMPASAN PERMUKAAN MENGUNAKAN SISTEM PEMANENAN AIR HUJAN SEDERHANA DI KAWASAN PENYANGGA PERKOTAAN**

### ***SIMULATION OF SURFACE RUNOFF REDUCTION USING SIMPLE RAIN WATER HARVESTING SYSTEM IN URBAN BUFFER AREA***

**Akhmadi Puguh Raharjo**

Perekayasa Muda pada Pusat Teknologi Reduksi Risiko Bencana (PTRRB) - BPPT.  
Gedung 820 Lantai 1, Komplek Perkantoran PUSPIPTEK, Tangerang Selatan, Banten 15314.  
e-mail: akhmadi.puguh@gmail.com

#### **ABSTRACT**

*Floods are the most common disaster in Indonesia. Among various flood types, pluvial flood is the least studied one. Simple rain water harvesting system using cistern/barrel and water tank possess the potential to reduce runoff from roofs and help alleviate the severity of pluvial flooding. The purpose of this study was to simulate the application of simple rain water harvesting in reducing surface runoff from roof surfaces in the study area within the sub Basin of Pesanggrahan. Among all the data that need to be collected were the number of houses and area of roof cover in the study area, as well as 10 years rainfall data. Number of houses per block were collected during a field survey while the estimation of roof area was conducted using a web-based software, i-Tree Canopy. From this simulation, scenario 1 (800-liter water drums), has the potential to reduce surface runoff from the roofs within the range of 5.12 to 7.59% (2-year Return Period/RP) and between 2.66 to 3.95% (100-year RP). Meanwhile scenario 2 (2000-liter water tank) has the potential for surface runoff reduction which ranges between 12.79 to 18.96% (2-year RP) and between 6.66 to 9.87% (100-year RP). On the other hand, the potential to delay the initial surface runoff time using scenario 1 ranged from 3.1 to 4.6 minutes (2-year RP) and between 1.6 to 2.4 minutes (100-year RP). Meanwhile scenario 2 has a potential to delay the initial surface runoff time from 7.7 to 11.4 minutes (2-year RP) and between 4.0 to 5.9 minutes (100-year RP).*

**Keywords:** green infrastructure, surface runoff, land use, pluvial flood, rain water harvesting.

#### **ABSTRAK**

Banjir adalah bencana paling umum di Indonesia. Di antara berbagai jenis banjir, banjir pluvial adalah yang paling sedikit dipelajari. Sistem pemanenan air hujan sederhana menggunakan drum dan tangki air memiliki potensi untuk mengurangi limpasan dari atap dan membantu mengurangi keparahan banjir pluvial. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mensimulasikan penerapan pemanenan air hujan sederhana dalam mengurangi limpasan permukaan dari permukaan atap di dalam wilayah studi yang terletak di dalam DAS Pesanggrahan. Di antara semua data yang perlu dikumpulkan adalah jumlah rumah dan luas tutupan atap di wilayah studi, serta data curah hujan (CH) selama 10 tahun. Jumlah rumah per blok dikumpulkan pada survei lapangan, sementara estimasi luas atap dilakukan menggunakan perangkat lunak berbasis web, *i-Tree Canopy*. Dari kajian ini diketahui bahwa skenario 1 (drum air 800 liter) memiliki potensi pengurangan limpasan permukaan dari atap yang berkisar antara 5,12 - 7,59% (Periode Ulang/PU 2 Tahun) dan antara 2,66 - 3,95% (PU 100 Tahun). Sementara itu skenario 2 (tangki air 2000 liter) memiliki potensi pengurangan limpasan permukaan yang berkisar antara 12,79 - 18,96% (PU 2 Tahun) dan antara 6,66 - 9,87% (PU 100 Tahun). Di sisi lain, potensi penundaan waktu awal limpasan permukaan menggunakan skenario 1 berkisar antara 3,1 - 4,6 menit (PU 2 Tahun) dan antara 1,6 - 2,4 menit (PU 100 Tahun). Sementara itu skenario 2 memiliki potensi penundaan waktu awal limpasan permukaan yang berkisar antara 7,7 - 11,4 menit (PU 2 Tahun) dan antara 4 - 5,9 menit (PU 100 Tahun).

**Kata kunci:** infrastruktur hijau, limpasan permukaan, tata guna lahan, banjir pluvial, pemanenan air hujan

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Menurut Data Informasi Bencana Indonesia (<http://dibi.bnpb.go.id>) yang dikelola oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), banjir merupakan bencana alam yang paling sering terjadi di Indonesia. Tercatat bahwa pada periode antara tahun 2010 hingga tahun 2018 telah terjadi 17.076 kejadian bencana di Indonesia. Dari jumlah tersebut, bencana banjir tercatat telah terjadi sebanyak 6.247 kali atau sekitar 36,58% dari total kejadian bencana pada periode tersebut. Hal ini membuat banjir menempati urutan pertama dari segi prevalensi kejadian bencana di atas angin puting beliung (29,74% atau 5.079 kejadian) dan tanah longsor (24,24% atau 4.140 kejadian).

Menurut Isnugroho (2002), banjir dapat terjadi dari berbagai penyebab. Untuk kota-kota besar yang berada pada dataran banjir di bagian hilir, penyebab utama terjadinya banjir dapat dikelompokkan menjadi dua macam, yakni banjir kiriman dari hulu akibat meluapnya sungai (banjir fluvial) dan banjir lokal akibat menggenangnya limpasan permukaan yang tidak dapat dialirkan ke sungai (banjir pluvial).

Banjir fluvial lebih mudah dipahami oleh masyarakat bila dibandingkan dengan banjir pluvial, atau banjir yang terjadi ketika limpasan permukaan dari curah hujan tetap berada di atas permukaan tidak tembus air dan mengalir untuk mengisi cekungan lokal (Houston *et al.*, 2011). Banjir pluvial jarang bertahan lebih dari satu hari dan hanya mempengaruhi cakupan area yang lokal (Chen *et al.*, 2010).

Banjir pluvial biasanya terjadi ketika laju curah hujan melebihi kapasitas dari saluran air untuk mengalirkan air dan juga melebihi kapasitas tanah untuk menyerap air (Houston *et al.*, 2011). Hal ini umumnya diasosiasikan dengan kejadian hujan lebat dalam durasi yang singkat (maksimal tiga jam) dan dengan intensitas hujan di atas 20 atau 25 mm per jam. Hal lain yang mendukung terjadinya banjir pluvial adalah kondisi permukaan tanah yang sudah tertutup perkerasan ataupun sudah tersaturasi air (Houston *et al.*, 2011). Ketika hujan lebat terjadi dalam waktu yang lama, sebagian besar air hujan akan mengalir di atas permukaan tidak tembus air sehingga dapat nampak seperti sungai (Rosyidie, 2013)

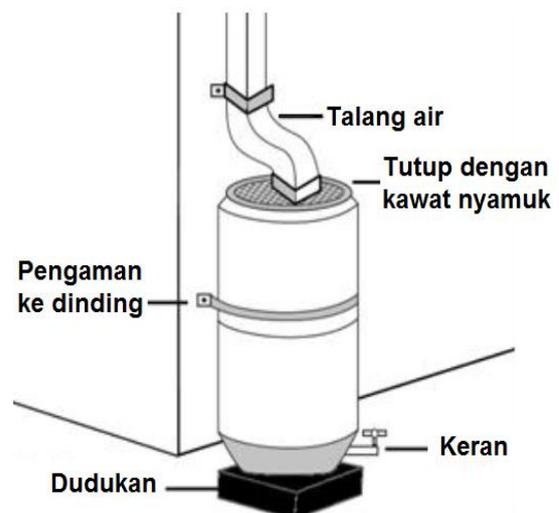
Pemanenan air hujan adalah proses menangkap, mengalihkan dan menyimpan air hujan untuk keperluan lain seperti irigasi halaman, konsumsi domestik, pengisian

akuifer maupun untuk pengurangan limpasan permukaan (Texas Water Development Board, 2005). Apabila dipasang dan digunakan secara tepat, sistem pemanenan air hujan ini dapat mengurangi volume limpasan permukaan dan menunda laju puncak aliran.

Sistem pemanenan air hujan yang sudah banyak dikenal khalayak luas adalah sumur resapan. Namun karena kendala teknis ataupun biaya, tidak semua orang dapat mengimplementasikan sistem tersebut pada pekarangan rumahnya. Alternatif pengganti sumur resapan adalah sistem penampungan air hujan menggunakan drum, gentong atau tangki air yang lebih mudah dan murah dibandingkan membuat sumur resapan. Air hujan yang tertampung dalam proses ini biasanya dapat digunakan untuk mengairi taman, mencuci kendaraan dan kegunaan lain di luar sebagai sumber air minum.

Komponen kunci dari sistem pemanenan air hujan sederhana ini (Houston *et al.*, 2011), antara lain adalah (Gambar 1):

1. Permukaan untuk penangkap air hujan;
2. Talang air yang berfungsi menyalurkan air dari atap ke penampungan;
3. Filter kotoran dan pengalih aliran untuk membuang kotoran dari air hujan sebelum masuk ke dalam penampungan;
4. Satu atau lebih penampungan air, bisa berupa toren ataupun drum;
5. Sistem penyaluran air, baik berbasis gravitasi atau pompa tambahan; dan
6. Sistem pemurnian air untuk bahan baku air minum (opsional).



Gambar 1. Sistem Pemanenan Air Hujan Sederhana (Los Angeles Rainwater Harvesting Program, 2009)

Secara umum, untuk setiap satu milimeter air yang jatuh ke permukaan atap maka akan dihasilkan lebih kurang 1 liter air. Semakin banyak air hujan yang dapat kita tampung maka, secara teori, akan semakin lama pula penundaan waktu puncak aliran yang berarti semakin kecil pula kemungkinan terjadinya banjir pluvial. Berangkat dari asumsi tersebut, yang juga selaras dengan pendapat Isnugroho (2002), maka aspek penting yang harus diperhatikan dalam pengelolaan sumberdaya air di perkotaan adalah pola penyimpanan dan penggunaan air yang terpadu.

Pemanenan air hujan melalui sumur resapan merupakan salah satu bentuk upaya struktural untuk mencegah dan menanggulangi dampak banjir (Rosydie, 2013). Namun demikian, kesediaan masyarakat untuk mengadopsi sistem pemanenan air hujan dapat juga dipandang sebagai suatu bentuk perwujudan hidup bersama bencana. Pemanenan air hujan dapat membantu menambah cadangan air baku dan mengurangi risiko penurunan muka air tanah akibat penggunaan air tanah berlebihan, yang dapat berakibat pada semakin meningkatnya risiko banjir pluvial di wilayah perkotaan (Harsoyo, 2010).

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan kajian ini adalah untuk melakukan simulasi pengurangan limpasan permukaan menggunakan sistem pemanenan air hujan sederhana pada wilayah yang sering mengalami banjir pluvial.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1. Bahan

Objek utama yang menjadi bahan dalam kajian ini adalah kawasan permukiman di kawasan penyangga perkotaan yang sering mengalami banjir pluvial. Kemudian bahan-bahan yang dibutuhkan dalam kajian ini merupakan data primer dan data sekunder yang berasal dari beberapa sumber, diantaranya adalah:

- Data jumlah rumah yang terdapat di dalam lokasi kajian;
- Luas tutupan atap yang didapatkan melalui survei acak menggunakan perangkat lunak daring *i-Tree Canopy* yang dapat diakses dengan mudah pada <https://canopy.itreetools.org/index.php>;
- Data curah hujan selama 10 tahun dari stasiun pengamatan terdekat, yakni Stasiun Klimatologi Pondok Betung,

Tangerang Selatan. Data tersebut diunduh dari pusat database BMKG (<http://dataonline.bmkg.go.id>).

Alat yang dibutuhkan dalam kajian ini adalah seperangkat komputer yang sudah dilengkapi dengan penjelajah web dan akses internet yang memadai.

## 2.2. Metode

### 2.2.1. Waktu dan Lokasi Kajian

Lokasi permukiman yang menjadi fokus kajian ini adalah Komplek Kementerian Luar Negeri (Kemlu) yang berada dalam salah satu sub-DAS dalam DAS Pesanggrahan. Secara geografis lokasi kajian terletak pada  $6^{\circ} 14' 46,52''$  LS hingga  $6^{\circ} 15' 40,49''$  LS dan pada  $106^{\circ} 44' 33,49''$  BT hingga  $106^{\circ} 45' 04,49''$  BT.

Secara administrasi, lokasi ini masuk dalam Kelurahan Pondok Karya, Kecamatan Pondok Aren, Kota Tangerang Selatan, Provinsi Banten (Gambar 2). Kajian ini telah dilaksanakan dari bulan Januari hingga bulan Februari 2019.



Gambar 2. Batas Wilayah Kajian (Kuning) Dalam Batasan Sub-DAS (Merah) Pesanggrahan (Citra Google Earth, 2019).

### 2.2.2. Metode Pengumpulan Data

Ada beberapa metode pengumpulan data dalam kajian ini, yakni:

1. Pengumpulan data utama yang dibutuhkan pada kajian ini, yakni data tutupan atap pada wilayah kajian, dilakukan dengan melakukan survei acak dengan jumlah titik acak tertentu menggunakan *i-Tree Canopy* yang merupakan perangkat lunak berbasis web.
2. Perangkat lunak berbasis web lain yang digunakan dalam pengumpulan data ini adalah Google Earth yang digunakan untuk menghasilkan batas-batas wilayah kajian yang kemudian dapat diekspor keluar untuk digunakan pada perangkat lunak *i-Tree Canopy*.
3. Pengumpulan data jumlah rumah di wilayah kajian dilakukan secara langsung melalui survei lapangan. Jumlah rumah per blok dicatat untuk digunakan dalam analisis data.

### 2.2.3. Metode Analisis Data

Langkah-langkah analisis data yang dilakukan meliputi:

1. Melakukan deliniasi wilayah yang akan dikaji menggunakan Google Earth dengan menggunakan fungsi penambahan poligon. Batasan wilayah yang dibuat meliputi baik batas terluar dari permukiman yang masuk ke dalam wilayah kajian maupun batas-batas dari tiap blok yang terdapat di dalam permukiman tersebut (Gambar 3).
2. Hasil deliniasi ini kemudian diekspor keluar sebagai berkas *shapfile* (\*.shp) untuk dihitung luasnya dan untuk melakukan survei tutupan lahan secara acak menggunakan perangkat lunak *i-Tree Canopy*.
3. Melakukan estimasi luas tutupan atap pada wilayah kajian menggunakan perangkat lunak *i-Tree Canopy*. Petunjuk detail terkait proses estimasi luas tutupan lahan ini adalah seperti yang pernah dilakukan oleh Raharjo (2018).
4. Jumlah titik pengamatan acak untuk setiap blok yang ada adalah sebanyak 100 buah (total 3500 titik pengamatan acak untuk 35 blok). Sebagai ulangan, dilakukan pengamatan secara global baik pada Deplu 74 dan Deplu 76 dengan jumlah titik pengamatan acak sebanyak masing-masing 600 dan 1200 buah.
5. Melakukan penghitungan jumlah rumah pada tiap blok melalui pengamatan secara langsung di lapangan. Jumlah rumah ini penting untuk menghasilkan

nilai rata-rata luas tutupan atap pada tiap blok.

6. Hasil estimasi luas tutupan atap ini kemudian digunakan untuk menghitung jumlah limpasan permukaan yang akan dihasilkan oleh atap pada jumlah dan intensitas curah hujan tertentu.
7. Melakukan analisa curah hujan selama 10 tahun (2005-2014) dari stasiun klimatologi terdekat. Analisis difokuskan untuk menghasilkan nilai rata-rata curah hujan harian maksimum per bulan untuk digunakan dalam simulasi pengurangan limpasan permukaan pada wilayah kajian.
8. Melakukan penghitungan jumlah limpasan permukaan yang dihasilkan oleh tutupan atap menggunakan data curah hujan harian maksimum. Hasil ini kemudian dibandingkan dengan potensi penampungan air hujan menggunakan drum ukuran 200 liter dan toren air ukuran 2000 liter untuk menghasilkan nilai persentase pengurangan limpasan permukaan menggunakan sistem pemanenan air hujan.
9. Disimulasikan pula potensi pengurangan limpasan permukaan pada rumah dengan tipe standar (tipe 21 hingga 120) pada kondisi curah hujan yang sama sebagai pembanding.

Dalam simulasi ini digunakanlah beberapa asumsi dan ketentuan sebagai berikut:

1. Terdapat dua area yang berbeda di dalam wilayah kajian yakni yang dibangun tahun 1974 dan 1976 (Selanjutnya disebut Deplu 74 dan Deplu 76).
2. Data rata-rata curah hujan maksimum harian per bulan diasumsikan terjadi dalam periode 1 jam atau intensitas hujan tinggi.
3. Diasumsikan bahwa setiap hari tersedia kapasitas penampungan 100%.
4. Diasumsikan efisiensi penyerapan adalah sebesar 100% dari kapasitas totalnya.
5. Tidak memperhitungkan penggunaan air oleh penghuni rumah terhadap sistem pemanenan air hujan tersebut.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Hasil

#### 3.1.1. Profil Tutupan Atap di Wilayah Kajian

Dari hasil estimasi tutupan atap di wilayah kajian menggunakan perangkat lunak berbasis web *i-Tree Canopy*, didapatkanlah luas tutupan atap pada tiap blok dan luas rata-rata tiap rumah dalam blok tersebut seperti disajikan pada Tabel 1



Gambar 3. Gambaran Batas Tiap Blok Dalam Lokasi Kajian (Pengolahan Data, 2019).

Secara umum, rata-rata luas atap rumah pada Deplu 74 (Blok O1 hingga Q) adalah lebih kecil bila dibandingkan dengan rata-rata luas atap rumah pada Deplu 76 (Blok A1 hingga N2). Secara logis, hal tersebut tentu akan berimplikasi pada lebih besarnya limpasan permukaan yang dihasilkan oleh Deplu 76 bila dibandingkan dengan limpasan permukaan yang dihasilkan oleh Deplu 74. Begitu pula sebaliknya, setiap upaya pemanenan air hujan, pada ukuran wadah yang sama, akan memberikan persentase hasil yang lebih besar pada Deplu 74 bila dibandingkan pada Deplu 76.

Tabel 1. Hasil Estimasi Luas Tutupan Atap Pada Tiap Blok

Kode	Luas (Ha)	Persentase atap (%)	Jumlah Rumah	Luas atap rata-rata tiap Rumah (m <sup>2</sup> )
A1	0,45	59,00 ± 4,92	12	218,94 ± 18,26
A2	0,27	71,00 ± 4,54	5	386,26 ± 24,70
B1	0,24	68,00 ± 4,66	7	235,44 ± 16,13
B2	0,39	60,00 ± 4,90	10	234,83 ± 19,18
C1	0,11	58,00 ± 4,94	2	329,82 ± 28,09
C2	0,47	83,00 ± 3,76	22	177,51 ± 8,04
D1	0,26	71,00 ± 4,54	8	232,60 ± 14,87
D2	0,21	62,00 ± 4,85	8	160,64 ± 12,57
E1	0,10	76,00 ± 4,27	4	189,41 ± 10,64
E2	0,19	73,00 ± 4,44	8	173,58 ± 10,56
EX1	0,10	74,00 ± 4,39	7	100,66 ± 5,97
F1	0,51	84,50 ± 2,56	23	187,79 ± 5,69
F2	0,17	70,00 ± 4,58	6	200,98 ± 13,15
G1	0,25	78,00 ± 4,14	14	139,67 ± 7,41
G2	0,24	70,00 ± 4,58	10	170,22 ± 11,14
H1	0,16	68,00 ± 4,66	10	110,09 ± 7,54
H2	0,30	73,00 ± 4,44	12	182,96 ± 11,13
I1	0,15	89,00 ± 3,13	10	132,55 ± 4,66
I2	0,08	79,00 ± 4,07	6	98,83 ± 5,09
J1	0,22	88,00 ± 3,25	16	123,41 ± 4,56
J2	0,20	78,00 ± 4,14	14	112,67 ± 5,98
K1	0,43	81,00 ± 3,92	18	194,37 ± 9,41
K2	0,42	73,00 ± 4,44	18	171,14 ± 10,41
L1	0,33	72,00 ± 4,49	14	168,29 ± 10,49
L2	0,37	57,00 ± 4,95	13	163,43 ± 14,19
M1	0,23	80,00 ± 4,00	10	182,39 ± 9,12
M2	0,07	65,00 ± 4,77	4	112,12 ± 8,23
MJ1	0,22	67,00 ± 4,70	6	250,43 ± 17,57
N1	0,23	76,00 ± 4,27	9	190,69 ± 10,71
N2	0,11	77,00 ± 4,21	4	204,69 ± 11,19
O1	0,23	80,00 ± 4,00	16	113,28 ± 5,66
O2	0,26	83,00 ± 3,76	19	115,74 ± 5,24
P1	0,43	78,00 ± 4,14	29	114,75 ± 6,09
P2	0,15	80,00 ± 4,00	10	117,93 ± 5,90
Q	0,09	89,00 ± 3,13	5	167,99 ± 5,91

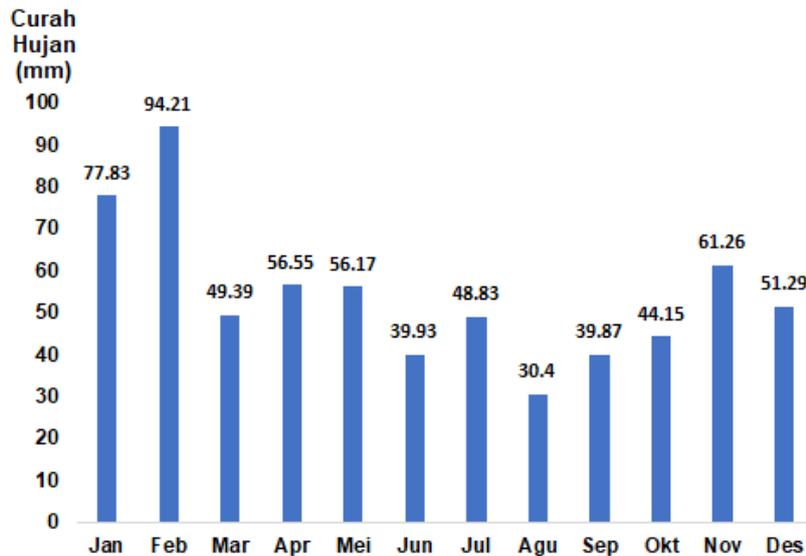
Sumber: Pengolahan data (2019)

### 3.1.2. Profil Curah Hujan di Wilayah Kajian

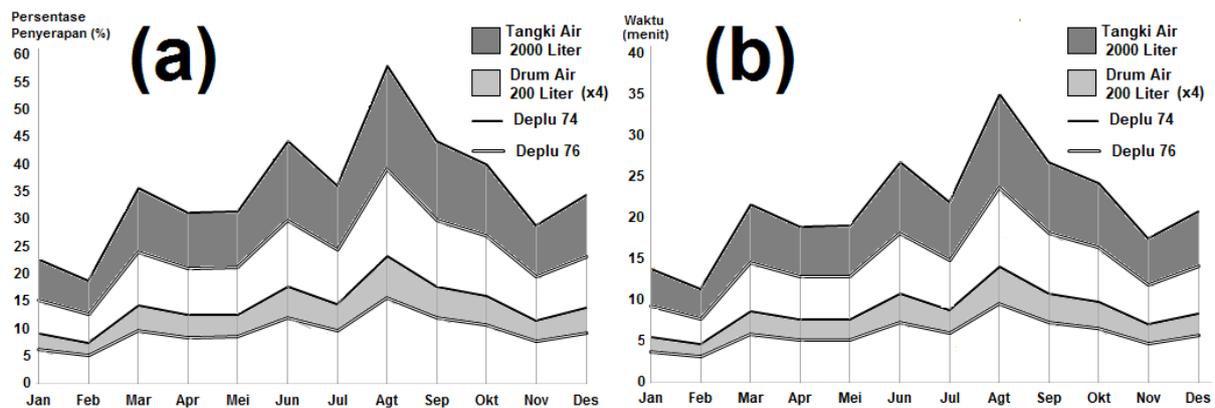
Dari pengolahan data curah hujan pada periode tahun 2005 - 2014, didapatkanlah nilai rata-rata curah hujan harian maksimum per bulan sebagaimana disajikan pada Gambar 4. Curah hujan harian maksimum tercatat paling

tinggi pada bulan Februari (94,21 mm) yang diikuti oleh bulan Januari (77,83 mm). Nilai pada kedua bulan tersebut menjadi pembahasan tambahan pada simulasi pengurangan limpasan permukaan dari atap

bangunan menggunakan sistem pemanenan air hujan sederhana di luar pembahasan dalam hubungannya dengan periode ulang banjir tertentu.



Gambar 4. Rata-rata curah hujan maksimum harian (2005-2014) dari stasiun meteorologi terdekat (Pengolahan Data, 2019).



Gambar 5. (a) Potensi Pengurangan Limpasan Permukaan (%); dan (b) Potensi Penundaan Waktu Awal Limpasan Permukaan (Menit) Terhadap Nilai Hujan Harian Maksimum Per Bulan (Pengolahan Data, 2019).

### 3.1.3. Simulasi Pengurangan Limpasan Permukaan di Wilayah Kajian

Dengan menggunakan data luasan atap pada wilayah kajian dan nilai rata-rata curah hujan maksimum harian, didapatkanlah nilai limpasan permukaan yang mungkin dihasilkan oleh permukaan atap (koefisien limpasan permukaan untuk atap sebesar 0,95). Hasil ini kemudian dibandingkan dengan potensi penampungan menggunakan sistem pemanenan air hujan sederhana untuk menghasilkan nilai pengurangan limpasan permukaan (dalam %) dan penundaan waktu

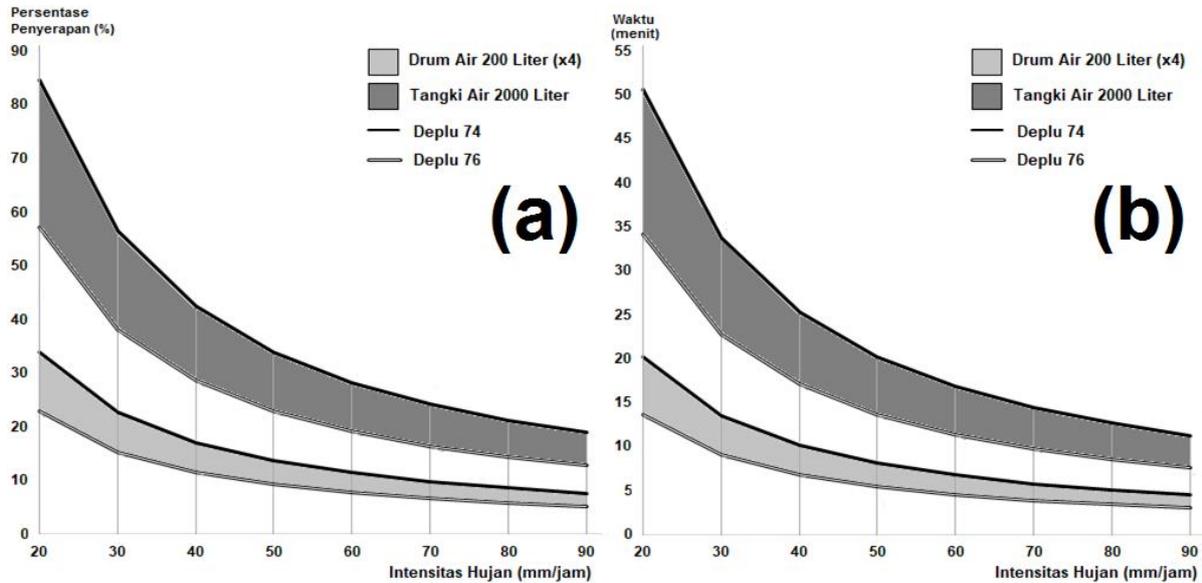
awal limpasan permukaan (menit) sebagaimana disajikan pada Gambar 5.

Dari Gambar 5a dapat dilihat bahwa potensi pengurangan limpasan permukaan menggunakan drum air plastik dengan kapasitas 800 liter (skenario 1) terhadap nilai rata-rata curah hujan maksimum harian pada bulan Januari adalah berkisar antara 6,12% hingga 9,07% dan antara 5,08% hingga 7,49% pada bulan Februari. Sementara itu, tangki air dengan kapasitas 2000 liter (skenario 2) memiliki potensi pengurangan limpasan permukaan yang berkisar antara 15,30%

hingga 22,67% pada bulan Januari dan antara 12,64% hingga 18,73% pada bulan Februari.

Apabila dilihat dari penundaan waktu awal limpasan permukaannya, skenario 1 memiliki potensi untuk menunda antara 3,7 menit hingga 5,5 menit pada bulan Januari dan

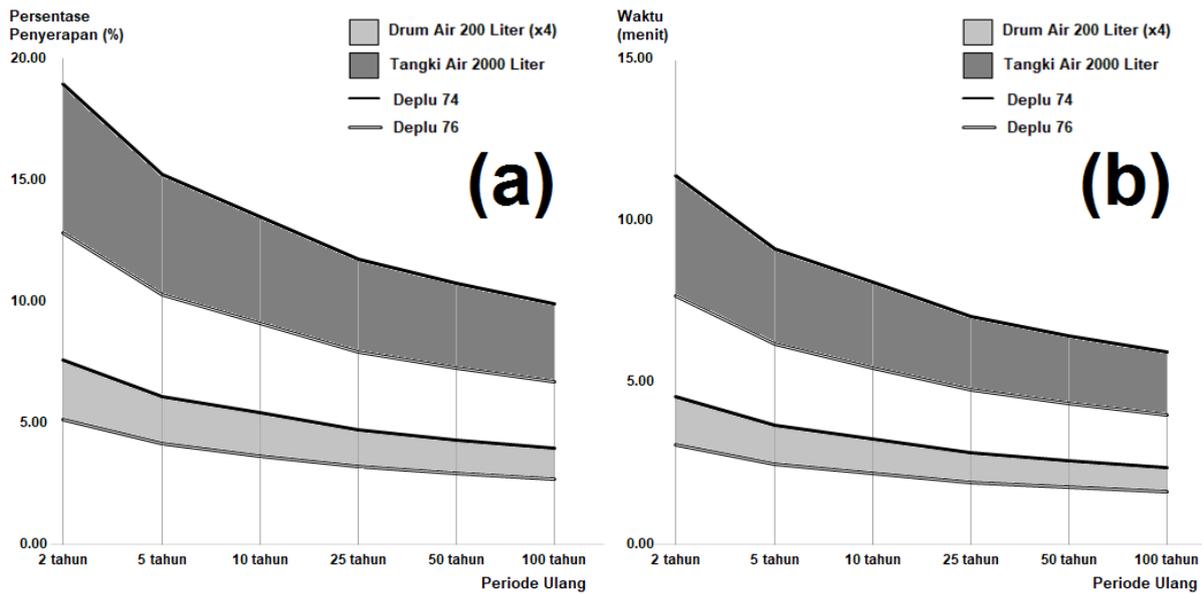
antara 3,1 menit hingga 4,5 menit pada bulan Februari. Sementara itu skenario 2 memiliki potensi untuk menunda antara 9,3 menit hingga 13,7 menit pada bulan Januari dan antara 7,6 menit hingga 11,3 menit pada bulan Februari (Gambar 5b).



Gambar 6. (a) Potensi Pengurangan Limpasan Permukaan (%); dan (b) Potensi Penundaan Waktu Awal Limpasan Permukaan (Menit) Terhadap Intensitas Hujan Tertentu (Pengolahan Data, 2019).

Sementara itu, dari Gambar 6a dapat dilihat bahwa potensi pengurangan limpasan permukaan menggunakan skenario 1 adalah berkisar antara 22,78% hingga 33,77% pada intensitas hujan 20 mm/jam dan berkisar antara 5,06% hingga 7,50% pada intensitas hujan 90 mm/jam. Sementara skenario 2 memiliki potensi pengurangan limpasan permukaan yang berkisar antara 56,95% hingga 84,42% pada intensitas hujan 20 mm/jam dan berkisar antara 12,66% hingga 18,76% pada intensitas hujan 90 mm/jam.

Apabila dilihat dari sisi potensi penundaan waktu awal limpasan permukaan, skenario 1 diperkirakan mampu menunda antara 13,7 menit hingga 20,3 menit pada intensitas hujan 20 mm/jam dan antara 3 menit hingga 4,5 menit pada intensitas hujan 90 mm/jam. Sementara itu pada skenario 2, potensi penundaan waktu awal limpasan permukaan diperkirakan antara 34,2 menit hingga 50,7 menit pada intensitas hujan 20 mm/jam dan antara 7,6 menit hingga 11,3 menit pada intensitas hujan 90 mm/jam (Gambar 6b).



Gambar 7. (a) Potensi Pengurangan Limpasan Permukaan (%); dan (b) Potensi Penundaan Waktu Awal Limpasan Permukaan (Menit) Terhadap Periode Ulang Tertentu (Pengolahan Data, 2019).

Apabila periode ulang banjir di lokasi kajian turut dipertimbangkan, maka seperti disajikan pada Gambar 7a, nampak bahwa potensi pengurangan limpasan permukaan menggunakan skenario 1 adalah berkisar antara 5,12% hingga 7,59% pada periode ulang 2 tahun dan berkisar antara 2,66% hingga 3,95% pada periode ulang 100 tahun. Sementara itu skenario 2 memiliki potensi pengurangan limpasan permukaan yang berkisar antara 12,79% hingga 18,96% pada periode ulang 2 tahun dan berkisar antara 6,66% hingga 9,87% pada periode ulang 100 tahun.

Kemudian, apabila dilihat dari sisi potensi penundaan waktu awal limpasan permukaannya, skenario 1 diperkirakan mampu menunda antara 3,1 menit hingga 4,6 menit pada periode ulang 2 tahun dan antara 1,6 menit hingga 2,4 menit pada periode ulang 100 tahun. Sementara itu pada skenario 2, potensi penundaan waktu awal limpasan permukaan diperkirakan berkisar antara 7,7 menit hingga 11,4 menit pada periode ulang 2 tahun dan antara 4 menit hingga 5,9 menit pada periode ulang 100 tahun (Gambar 7b).

Nilai intensitas hujan pada periode ulang tersebut didapatkan dari Raharjo (2018).

### 3.2. Pembahasan

#### 3.2.1. Akurasi Hasil Estimasi Tutupan Atap

Pada proses estimasi luas tutupan atap menggunakan perangkat lunak daring berbasis web *i-Tree Canopy*, dilakukan sebanyak dua kali. Kali pertama dilakukan estimasi luas tutupan atap pada setiap blok, dimana ditentukan 100 titik pengamatan acak pada setiap blok yang ada (30 blok pada Deplu 76 dan 5 blok pada Deplu 74, total 3500 titik pengamatan acak). Kali kedua dilakukan estimasi luas tutupan atap pada Deplu 76 sebanyak 1200 titik pengamatan acak dan pada Deplu 74 sebanyak 600 titik pengamatan acak. Perbandingan kedua ulangan tersebut disajikan pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 di atas dapat dilihat bahwa selisih antara kedua ulangan tersebut berada pada kisaran antara 0,27% dan 4,65%. Khusus untuk nilai tengah yang digunakan sebagai dasar perhitungan dalam simulasi ini, perbedaannya berada pada kisaran 1,34% dan 1,47%.

Tabel 2. Perbandingan hasil estimasi luas tutupan atap dalam dua kali ulangan

	Deplu 74	Deplu 76
<b>1. Estimasi Setiap Blok Secara Individual (@100 titik per blok)</b>		
	112,70 m <sup>2</sup>	165,29 m <sup>2</sup>
	118,46 m <sup>2</sup>	175,60 m <sup>2</sup>

	124,23 m <sup>2</sup>	185,91 m <sup>2</sup>
<b>2. Estimasi Setiap Blok Secara Total (1200 &amp; 600 titik)</b>		
	115,88 m <sup>2</sup>	173,15 m <sup>2</sup>
	120,22 m <sup>2</sup>	177,96 m <sup>2</sup>
	124,56 m <sup>2</sup>	182,76 m <sup>2</sup>

**Selisih antara ulangan 1 dan 2**

Batas Bawah	3,18 m <sup>2</sup> <b>(2,78%)</b>	7,86 m <sup>2</sup> <b>(4,65%)</b>
Batas Tengah	1,76 m <sup>2</sup> <b>(1,47%)</b>	2,36 m <sup>2</sup> <b>(1,34%)</b>
Batas Atas	0,34 m <sup>2</sup> <b>(0,27%)</b>	3,15 m <sup>2</sup> <b>(1,71%)</b>

Sumber: Pengolahan Data (2019)

**3.2.2. Data Curah Hujan Maksimum Harian**

Dalam kajian ini digunakan rata-rata curah hujan maksimum harian pada setiap bulan untuk menghitung potensi pengurangan limpasan permukaan menggunakan dua skenario sistem pemanenan air hujan. Alasan dibalik kenapa nilai tersebut digunakan sebagai acuan dalam kajian ini adalah untuk memberikan ilustrasi sejauh apa skenario sistem pemanenan air hujan yang dipilih akan mampu mengurangi limpasan permukaan dalam kondisi terburuk pada tiap bulan dalam setahun, maupun terhadap periode ulang tertentu.

Bulan Desember hingga Februari umumnya merupakan bulan-bulan dimana curah hujan mencapai puncaknya, baik dalam intensitas maupun jumlah totalnya. Pada bulan-bulan tersebut pula banjir pluvial umum terjadi di wilayah kajian. Dikarenakan tidak adanya data curah hujan per jam, maka data rata-rata curah hujan harian maksimum yang disajikan dalam tabel 1 diasumsikan terjadi dalam periode satu jam saja. Pada kenyataan di lapangan curah hujan dalam Tabel 1 tersebut bukan tidak mungkin turun dalam rentang waktu di atas satu jam.

**3.2.3. Potensi Pengurangan Limpasan Permukaan di Wilayah Kajian**

Pada proses estimasi luas tutupan atap di wilayah kajian menggunakan *i-Tree Canopy*, setiap permukaan yang dapat dikenali sebagai atap dimasukkan ke dalam kategori tutupan atap. Termasuk di dalamnya adalah atap garasi, penutup *carport*, atap pergola dan sebagainya. Hal inilah yang menyebabkan beberapa rumah nampak memiliki luas atap yang jauh di atas luas atap pada tipe rumah secara umum (Gambar 3b). *Overstek* atap, yang umumnya memiliki lebar 0,5 hingga 1 meter, turut berkontribusi untuk memperbesar luas permukaan atap (Gambar 9).

Secara umum, dari hasil simulasi pengurangan limpasan permukaan di wilayah

kajian, Deplu 74 memiliki persentase yang lebih tinggi dari Deplu 76. Hal ini tentu saja disebabkan oleh perbedaan luas rumah rata-rata pada kedua area tersebut. Sebagai contoh, pada Gambar 4 dan 5, batas atas suatu nilai, baik pada aplikasi menggunakan drum air 800 liter atau menggunakan tangki air 2000 liter, selalu diwakili oleh Deplu 74 dan batas bawah selalu diwakili oleh Deplu 76.

Drum air plastik dengan kapasitas 200 liter merupakan salah satu bentuk penampungan air dengan harga per liter paling rendah. Pada saat penulisan kajian ini, harga drum plastik tersebut berada pada kisaran Rp275.000,00 per buah (Rp1.375,00 per liter). Sebagai perbandingan, harga tangki air dengan kapasitas 2000 liter pada saat yang sama berada pada kisaran Rp3.200.000,00 per buah (Rp1.600,00 per liter).

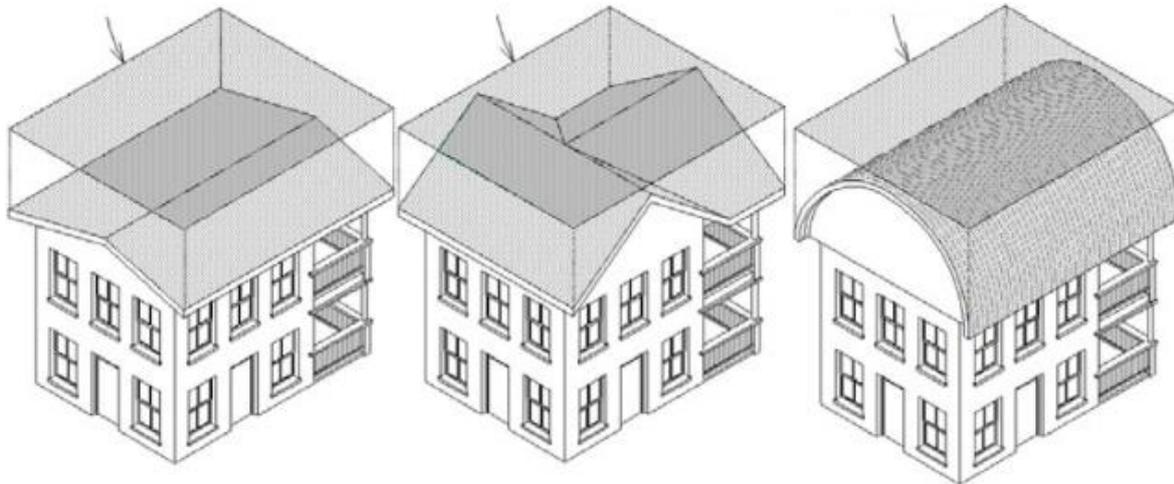
Harga per liter yang rendah ini menjadikan drum air plastik menjadi bentuk penampungan air yang paling ekonomis untuk digunakan dalam sistem pemanenan air hujan sederhana. Kelebihan lainnya adalah dari segi ukuran yang kompak dan tidak terlalu banyak memakan ruang. Drum air plastik ini mudah untuk diletakkan di sudut luar rumah, tidak seperti tangki air dengan kapasitas 2000 liter yang memerlukan ruang yang cukup luas di halaman rumah.

Jumlah drum air plastik sebanyak 4 buah merupakan potensi penempatan pada keempat sudut rumah. Selain itu, dengan menambah jumlah drum air, diharapkan akan mampu menambah volume penampungan air yang akan menghasilkan potensi pengurangan limpasan permukaan yang lebih tinggi lagi dari hanya satu buah per rumah.

Dalam konteks pengurangan limpasan permukaan ini, kemampuan sistem penampungan air hujan ini untuk mengurangi atau menunda laju puncak aliran akan sangat tergantung seberapa besar kapasitas penyimpanan yang tersedia pada setiap permukaan hujan. Satu drum penampung

mungkin menyediakan jumlah air yang cukup untuk digunakan untuk keperluan lain, namun

mungkin tidak terlalu berpengaruh untuk mengurangi volume limpasan permukaan.



Gambar 8. Ilustrasi Perhitungan Luas Bidang Atap Penangkap Air Hujan (TWDB, 2005)

Hal tersebut di atas adalah benar terutama apabila wadah tidak dikosongkan diantara kejadian hujan. Efektivitas yang lebih besar dapat dicapai dengan menggunakan volume penyimpanan yang lebih besar (lebih dari satu drum atau menggunakan tangki air ukuran besar) atau dengan menghubungkan sistem penampung air dengan suatu mekanisme infiltrasi menggunakan sistem pembuangan berkala (*Metropolitan Area Planning Council*, 2017). Penggunaan secara berkala air yang tertampung untuk penggunaan seperti MCK juga diharapkan mampu meningkatkan potensi pengurangan limpasan permukaan pada sistem pemanenan air hujan sederhana skala rumah tangga ini.

### 3.2.4. Penutup dan Arah Penelitian Lanjutan

Bila dibandingkan dengan sistem atap hijau, pemanenan air hujan menggunakan drum atau toren air menunjukkan persentase pengurangan limpasan permukaan yang lebih tinggi. Meskipun sistem atap hijau diketahui mampu menunda debit puncak hingga 44 menit (Mubarak dan Raharjo, 2018), namun dalam aplikasinya di lapangan masih terkendala dari sisi teknis yakni hanya dapat diaplikasikan pada permukaan atap yang datar. Hal tersebut menambah keunggulan sistem pemanenan air hujan sederhana yang dapat dengan mudah diaplikasikan pada semua tipe rumah, tanpa tergantung pada jenis atapnya.

Saran bagi penelitian lanjutan adalah untuk membuat analisis biaya dan hasil (*cost*

& *benefit*) dari sistem pemanenan air hujan sederhana ini, sebagaimana yang dilakukan oleh Hicks (2008). Apabila kelayakan dari segi ekonomi dan sosial telah didapatkan, maka sistem pemanenan air hujan sederhana menggunakan drum air plastik atau tangki air semacam ini dapat menjadi bentuk mitigasi banjir yang layak bagi masyarakat umum (Liaw *et al.*, tidak ada tahun).

## IV. KESIMPULAN

Menggunakan skenario 1 (drum air 800 liter), potensi pengurangan limpasan permukaan dari atap di wilayah kajian berkisar antara 5,12 - 7,59% (Periode Ulang 2 Tahun) dan antara 2,66 - 3,95% (Periode Ulang 100 Tahun). Sementara itu skenario 2 (tangki air 2000 liter) memiliki potensi pengurangan limpasan permukaan yang berkisar antara 12,79 - 18,96% (Periode Ulang 2 Tahun) dan antara 6,66 - 9,87% (Periode Ulang 100 Tahun).

Di sisi lain, potensi penundaan waktu awal limpasan permukaan di wilayah kajian menggunakan skenario 1 berkisar antara 3,1 - 4,6 menit (Periode Ulang 2 Tahun) dan antara 1,6 - 2,4 menit (Periode Ulang 100 Tahun). Sementara itu skenario 2 memiliki potensi penundaan waktu awal limpasan permukaan yang berkisar antara 7,7 - 11,4 menit (Periode Ulang 2 Tahun) dan antara 4,0 - 5,9 menit (Periode Ulang 100 Tahun).

## PERSANTUNAN

Penelitian ini merupakan kegiatan dari Program DIPA Pusat Teknologi Reduksi Risiko Bencana Tahun Anggaran 2018. Penulis berterima kasih kepada Ir. Heru Sri Naryanto, M.Sc dan Ir. Hasmana Soewandita, MS atas bimbingan, bantuan dan kerjasamanya selama proses penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chen, A.S., S. Djordjevic, J. Leandro, D.A. Savic. 2010. An analysis of the combined consequences of pluvial and fluvial flooding. *Water Science and Technology*, 62(7): 1491-1498.
- Harsoyo, B. 2010. Teknik Pemanenan Air Hujan (Rain Water Harvesting) sebagai Alternatif Upaya Penyelamatan Sumberdaya Air di Wilayah DKI Jakarta. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 11(2): 29-39.
- Hicks, B., 2008. A Cost-benefit Analysis of rainwater Harvesting at Commercial Facilities in Arlington County, Virginia. Thesis Master, Duke University. [terhubung berkala] [www.rainharvest.com/more/MastersProjectRainHarvest\\_200805.pdf](http://www.rainharvest.com/more/MastersProjectRainHarvest_200805.pdf) [12 Februari 2019].
- Houston, D., A. Werritty, D. Bassett, A. Geddes, A. Hoolachan & M. McMillan. 2011. Pluvial (rain-related) flooding in urban areas: the invisible hazard. Joseph Rowntree Foundation: York. [terhubung berkala] [eprints.gla.ac.uk/162145/7/162145.pdf](http://eprints.gla.ac.uk/162145/7/162145.pdf) [11 Februari 2019].
- Isnugroho. 2002. Tinjauan Penyebab Banjir dan Upaya Penanggulangannya. *Alami: Jurnal Air, Lahan, Lingkungan dan Mitigasi Bencana*, 7(2): 1-7.
- Liaw, C.H., W.M. Huan, Y.L. Tsai & Y.R. Chiu. Tidak ada tahun. Rooftop Rainwater harvesting for Water Supply and Flood Mitigation in urban Areas. Session D. Eco-City-Landscape and Technology. [terhubung berkala] [www.irbnet.de/daten/iconda/CIB\\_DC2552\\_4.pdf](http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC2552_4.pdf) [10 Februari 2019].
- Los Angeles Rainwater Harvesting Program. 2009. A Homeowner's "How-To" Guide, City of Los Angeles Bureau of Sanitation, Los Angeles. [terhubung berkala] [https://www.lastormwater.org/wp-content/files/mf/homeowner\\_howto\\_guide.pdf](https://www.lastormwater.org/wp-content/files/mf/homeowner_howto_guide.pdf) [13 Februari 2019].
- Metropolitan Area Planning Council. 2017. Massachusetts Low Impact Development Toolkit, Metropolitan Area Planning Council, Massachusetts. [terhubung berkala] [www.mapc.org/wp-content/uploads/2017/11/LID\\_toolkit\\_factsheets\\_7-9.pdf](http://www.mapc.org/wp-content/uploads/2017/11/LID_toolkit_factsheets_7-9.pdf) [18 Februari 2018].
- Mubarak, M. & A.P. Raharjo. 2018. Simulasi Pengurangan Limpasan Permukaan di Kawasan Penyangga Perkotaan Menggunakan Sistem Atap Hijau. *Jurnal Sains dan Teknologi Mitigasi Bencana*, 13(1): 26-35.
- Raharjo, A.P., 2018. Penggunaan Perangkat Lunak Daring Berbasis Web (i-Tree Canopy) sebagai Alternatif dalam Mendukung Perencanaan Zero Delta Q Berbasis Komunitas. *Jurnal Alami*, 2(2): 120-130.
- Rosyidie, A., 2013. Banjir: Fakta dan Dampaknya, Serta Pengaruh dari Perubahan Guna Lahan. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 24(3): 241-249.
- Texas Water Development Board (TWDB). 2005. Texas Manual on Rainwater Harvesting, Third Edition. Austin, TX. 88p.