SIMULASI PENGURANGAN LIMPASAN PERMUKAAN DI KAWASAN PENYANGGA PERKOTAAN MENGGUNAKAN SISTEM ATAP HIJAU

SIMULATION OF SURFACE RUNOFF REDUCTION IN URBAN BUFFER AREA USING GREEN ROOF SYSTEM

Muhammad Mubarak¹ dan Akhmadi Puguh Raharjo²

Abstract

Steady developmental increase in urban and its buffer areas causes a decrease in rainwater catchment areas. Green roof system is emerging as a new form of technology that can improve the built environmental conditions. The purpose of this study was to simulate the application of green roof systems with cocopeat as planting media in reducing surface runoff water in urban buffer zones. Sub-watershed boundary analysis was carried out to determine the boundary of study area followed by land cover analysis using web-based software "i-Tree Canopy" to obtain the area of roof cover within the study area. Rainfall analysis (2005-2014) was carried out to obtain the design flood discharge value at the study location. The simulation results show that the green roof system with 10 cm depth of cocopeat as planting medium is able to delay peak discharge in the study area to exceed the concentration time for all flood return periods. Green roof application simulation of 5% and 10% of the total roof cover area resulted in a reduction in peak discharge up to 3.12% and 6.24% respectively. This green roof system needs to be combined with rainwater harvesting systems to further reduce peak discharge in the study area.

Keywords: *green roof, flood mitigation, soil bioengineering*

Abstrak

Peningkatan intensitas pembangunan di kawasan perkotaan dan penyangganya menyebabkan semakin berkurangnya daerah resapan air hujan. Sistem atap hijau dewasa ini semakin mengemuka sebagai salah satu bentuk teknologi yang dapat memperbaiki kondisi lingkungan terbangun. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan simulasi aplikasi sistem atap hijau dengan media tanam cocopeat 100% dalam mengurangi limpasan permukaan pada kawasan penyangga perkotaan. Analisis batas wilayah sub-DAS dilakukan untuk menentukan batas wilayah kajian yang diikuti dengan analisis tutupan lahan dengan menggunakan perangkat lunak berbasis web i-Tree Canopy untuk mendapatkan luas tutupan atap di wilayah kajian. Analisis curah hujan (2005-2014) dilakukan untuk menghasilkan nilai debit banjir rancangan pada lokasi kajian. Hasil simulasi menunjukkan sistem atap hijau dengan media tanam cocopeat sedalam 10 cm mampu menunda debit puncak di wilayah kajian hingga di atas waktu konsentrasi untuk seluruh periode ulang banjir. Simulasi aplikasi atap hijau sebesar 5% dan 10% dari total luas tutupan atap menghasilkan pengurangan debit puncak sebesar 3,12% dan 6,24% berturut-turut.

Diperlukan adanya kombinasi dengan sistem pemanenan air hujan untuk dapat menurunkan debit puncak lebih lanjut pada wilayah kajian.

Kata kunci: atap hijau, mitigasi banjir, bioengineering tanah.

¹ Tenaga Ahli Muda pada Direktorat Bina Penatagunaan SDA, Direktorat Jenderal SDA, Kementerian PUPR, Jalan Pattimura No. 20, Kebayoran Baru, Jakarta 12110, email: muh.mubarak94@gmail.com

² Perekrayasa Muda pada Pusat Teknologi Reduksi Risiko Bencana – Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Gedung 820, Kompleks Perkantoran PUSPIPTEK, Setu 15314, email: akhmadi.puguh@bppt.go.id

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam kurun waktu 30 tahun terakhir ini telah terjadi penurunan luasan ruang publik, khususnya ruang terbuka hijau (RTH), pada kawasan perkotaan secara signifikan (Siahaan, 2010 dalam Dwihatmojo, 2014). Di kota-kota besar seperti Jakarta, Surabaya, Medan, dan Bandung, luasan RTH tercatat telah berkurang dari kisaran 35% pada awal tahun 1970-an menjadi hanya sekitar 10% pada saat ini. Kota Jakarta sebagai contoh hanya memiliki 9% area yang merupakan RTH, dengan luas area terbuka hijau per kapita sebesar 7,08 m² (Kirmanto *et al.*, 2012).

Semakin berkurangnya daerah resapan air hujan yang diiringi dengan peningkatan intensitas pembangunan fisik menyebabkan kemampuan tanah untuk menyerap air hujan semakin berkurang dan berakibat pada peningkatan potensi banjir. Scholz-Barth (2001 dalam Kristin *et al.*, 2006) menyatakan bahwa pada kawasan perkotaan dengan tingkat pertumbuhan yang tinggi hanya mampu menyerap 25% air hujan dan sisanya menjadi limpasan permukaan. Sebagai perbandingan, dalam kondisi curah hujan yang sama, areal hutan mampu menyerap air sebesar 95%.

Untuk mengurangi risiko terjadinya banjir maka perlu adanya intervensi teknologi yang dapat diterapkan pada kawasan dengan ruang terbuka yang kurang memadai dengan tujuan utama untuk meningkatkan daya serap air dan memperbaiki kualitas lingkungan. Dewasa ini sistem *green roof* atau atap hijau muncul sebagai salah satu alternatif untuk

mengelola air hujan pada level tapak dengan menggunakan permukaan atap bangunan sebagai area yang sengaja dimodifikasi sehingga mampu mendukung pertumbuhan vegetasi (Getter dan Rowe, 2006 dalam Cao *et al.*, 2014). Melalui cara ini tidak harus dibuat kolam atau tempat penampungan lainnya yang mungkin tidak memungkinkan karena terbatasnya lahan yang ada (Mentens *et al.*, 2006 dalam Cao *et al.*, 2014).

Sistem atap hijau mampu menahan air hujan dengan menyerap dan melepaskannya secara perlahan ke lingkungan sekitar melalui penguapan, penggunaan oleh tanaman dan dialirkan ke saluran pembuangan (Liu, 2003 dalam Kristin *et al.*, 2006). Manfaat sistem atap hijau lainnya diantaranya adalah untuk mengurangi tingkat polusi udara, menurunkan suhu udara, konservasi air, mengurangi polusi suara/kebisingan, meningkatkan estetika bangunan dan meningkatkan tingkat keanekaragaman hayati pada daerah perkotaan (Kristin *et al.*, 2006).

Sistem atap hijau dapat terdiri dari satu jenis media tanam maupun dari kombinasi beberapa macam media tanam. Media tanam yang digunakan dalam sistem atap hijau harus dapat mendukung pertumbuhan tanaman dan mensuplai nutrisi esensial yang dibutuhkannya (Ampim *et al.*, 2010).

Karakteristik penting yang harus ada pada media tanam yang baik diantaranya adalah: memiliki tata udara yang baik, agregat yang mantap, kemampuan menahan air yang baik, dan ruang untuk perakaran yang cukup (Fahmi, 2014). Khusus untuk sistem atap hijau yang harus diperhatikan dalam pemilihan media tanam adalah berat dari media yang harus sering mungkin

sehingga tidak menyebabkan kerusakan maupun kegagalan struktur penahan atap.

1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan simulasi aplikasi sistem atap hijau dengan media tanam cocopeat dalam mengurangi limpasan permukaan pada kawasan penyangga perkotaan.

2. METODA PENELITIAN

2.1. Tempat dan waktu penelitian

Lokasi yang menjadi fokus simulasi ini adalah satu sub-DAS yang berada pada 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 (Gambar 1). Secara administrasi, sub-DAS ini sebagian besar masuk dalam Kelurahan Pondok Karya, Kecamatan Pondok Aren, Kota Tangerang Selatan, Provinsi Banten. Kajian ini dilakukan pada periode Maret-Mei 2018.

Gambar 1. Batas Wilayah Kajian

2.2. Kebutuhan data dan metode analisis

Penelitian ini termasuk penelitian kuantitatif dengan sumber data berupa data-data primer dan sekunder yang berasal dari beberapa sumber. Data-data yang diperlukan untuk simulasi ini adalah:

- Data SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) 30 meter yang diunduh dari <http://dwtkns.com/srtm30m/>. Data ini diperlukan untuk menghasilkan batasan sub-DAS yang akan menjadi fokus simulasi ini.
- Data curah hujan selama 10 tahun dari stasiun pengamatan terdekat, yakni Stasiun Klimatologi Pondok Betung, Tangerang Selatan. Data dari stasiun tersebut diunduh dari pusat database BMKG <http://dataonline.bmkg.go.id>.
- Data tutupan/penggunaan lahan yang didapatkan menggunakan perangkat lunak daring i-Tree Canopy (<https://canopy.itreetools.org/index.php>).
- Data pendukung terkait jenis media tanam untuk green roof yang didapatkan dari kajian literatur.

Analisis Batas Wilayah Sub-DAS

Data batas wilayah Sub-DAS yang akan menjadi wilayah kajian didapatkan melalui pengolahan DATA SRTM 30 m menggunakan perangkat lunak Global Mapper (atau perangkat lunak GIS sejenis). Pada perangkat lunak Global Mapper, fungsi yang dipilih adalah Analysis > Generate Watershed. Apabila proses tersebut telah selesai, maka sub-DAS yang dihasilkan dapat diekspor keluar sebagai berkas *shapefile* dengan ekstensi *.shp. Berkas *shapefile* inilah yang diperlukan dalam pengukuran luas tutupan lahan menggunakan perangkat lunak i-Tree Canopy.

Analisis Tutupan Lahan

Tiga langkah utama yang harus dilakukan untuk melakukan pengukuran serta analisis tutupan lahan menggunakan perangkat lunak i-Tree Canopy, yakni:

- 1) Mengimpor berkas *shapefile* ESRI (dengan ekstensi *.shp) untuk memberi batas wilayah untuk area yang menjadi obyek kajian.

- 2) Memberi nama kelas tutupan lahan yang ingin diklasifikasikan. Untuk kajian ini ditetapkan kelas tutupan lahan utama yakni atap bangunan.
- 3) Mengklasifikasikan setiap titik survei acak di dalam batas wilayah kajian. Jumlah titik survei acak yang digunakan pada kajian ini berjumlah 1000 titik untuk menjamin nilai standar error yang dihasilkan sekecil mungkin.

Analisis Curah Hujan

Data curah hujan penting kedudukannya untuk mendapatkan nilai intensitas curah hujan, waktu konsentrasi dan debit banjir rancangan. Ketiga nilai tersebut penting untuk melihat sebesar apa debit banjir yang mengancam kawasan yang menjadi lokasi penelitian dan apakah intervensi tertentu mampu memitigasi ancaman tersebut.

Intensitas hujan (mm/jam) dapat didapatkan dari data hujan harian (mm) secara empirik menggunakan metode Mononobe sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (1)$$

dimana:

I = intensitas curah hujan (mm/jam);

t = lamanya curah hujan (jam); dan

R_{24} = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm).

Sementara itu waktu konsentrasi dapat didapatkan menggunakan formula dari Kirpich sebagai berikut:

$$t_c = 0,06628 L^{0,77} S^{-0,385} \quad (2)$$

dimana:

t_c = waktu konsentrasi (jam);

L = panjang saluran dari hulu sampai titik kontrol (km); dan

S = kemiringan rata-rata saluran (m/m).

Debit rancangan kemudian dapat dihitung menggunakan rumus metode Rasional sebagai berikut:

$$Q_T = 0,00278 C I_{t_c, T} A \quad (3)$$

dimana:

Q_T = debit puncak ($m^3/detik$) untuk periode ulang T tahun;

C = koefisien aliran permukaan (*run off*), yang dipengaruhi kondisi tata guna lahan pada daerah tangkapan air;

$I_{t_c, T}$ = intensitas hujan rata-rata (mm/jam) untuk waktu konsentrasi (t_c) dan kala ulang T tahun; dan

A = luas daerah tangkapan air/DAS (Ha).

Data hujan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hujan harian maksimum yang tercatat pada Stasiun Klimatologi Pondok Betung selama kurun waktu 2005-2014.

Simulasi Aplikasi Atap Hijau

Dari data debit rancangan yang didapatkan, dilakukanlah simulasi aplikasi sistem atap hijau pada kelas tutupan atap bangunan. Tebal media tanam yang digunakan dalam sistem atap hijau pada simulasi ini adalah 10 cm dengan media tanam berupa cocopeat. Ilustrasi sistem atap hijau dengan spesifikasi tersebut disajikan pada Gambar 2.

Dari hasil pengolahan data tersebut di atas dilakukan juga analisis perubahan debit puncak (melalui perubahan koefisien C) dari kondisi sebelum dan sesudah dilakukan aplikasi atap hijau pada kelas tutupan lahan yang bersangkutan maupun dari lokasi penelitian secara keseluruhan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

Tutupan Lahan

Dari 87,83 Hektar luas wilayah kajian, tutupan atap bangunan diketahui menempati area seluas $46,74 \pm 1,91$ hektar ($53,22 \pm 2,17\%$). Kelas tutupan lahan berupa atap bangunan merupakan kelas tutupan dominan pada wilayah kajian. Kelas tutupan lahan terbesar berikutnya adalah kelas tutupan perkerasan ($15,97 \pm 1,47$ Hektar, atau $18,18 \pm 1,68\%$) dan kelas tutupan pohon ($15,64 \pm 1,46$ Hektar, atau $17,80 \pm 1,66\%$).

Gambar 2. Penampang atap hijau (Clean Water Services, 2009)

Tabel 1. Estimasi tutupan lahan menggunakan i-Tree Canopy secara langsung pada sub-DAS terpilih

Kelas tutupan lahan	Estimasi tutupan lahan					
	(%)			(Ha)		
Terbangun	71,40	±	3,85	62,71	±	3,38
Atap bangunan	53,22	±	2,17	46,74	±	1,91
Perkerasan/Jalan	18,18	±	1,68	15,97	±	1,47
Alami	28,60	±	3,88	25,12	±	3,41
Pohon	17,80	±	1,66	15,64	±	1,46
Rumput/tumbuhan bawah	6,82	±	1,10	5,99	±	0,96
Terbuka	3,41	±	0,79	2,99	±	0,69
Badan Air	0,57	±	0,33	0,50	±	0,29

Sumber: Pengolahan data (2018)

Tabel 2. Hasil analisis intensitas hujan pada kawasan yang menjadi obyek kajian

T		Intensitas hujan rata-rata (mm/jam)					
		Untuk periode ulang (tahun)					
(menit)	(jam)	2	5	10	25	50	100
5	0,08	236,43	294,65	333,31	382,20	418,20	454,20
10	0,17	148,60	185,19	209,49	240,22	262,84	285,47
15	0,25	113,25	141,14	159,66	183,07	200,31	217,56
20	0,33	93,40	116,39	131,67	150,98	165,20	179,42
21,5	0,358	89,03	110,96	125,52	143,93	157,48	171,04
45	0,75	54,25	67,60	76,47	87,69	95,95	104,21
60	1	44,74	55,75	63,07	72,32	79,13	85,94
120	2	28,12	35,04	39,64	45,45	49,73	54,01
180	3	21,43	26,70	30,21	34,64	37,90	41,16
360	6	13,47	16,78	18,99	21,77	23,82	25,87
720	12	8,46	10,55	11,93	13,68	14,97	16,26
1080	18	6,45	8,04	9,09	10,43	11,41	12,39
1440	24	5,32	6,63	7,50	8,60	9,41	10,22

Sumber: Pengolahan data (2018)

Kelas tutupan lahan yang mewakili kondisi terbangun menempati area seluas $62,71 \pm 3,38$ Hektar ($71,40 \pm 3,85\%$ dari total wilayah kajian), sementara kelas tutupan lahan yang mewakili kondisi alami menempati area seluas $25,12 \pm 3,41$ hektar ($28,60 \pm 3,88\%$ dari total wilayah kajian). Hasil selengkapnya disajikan pada Tabel 1.

Estimasi Debit Rancangan

Dari pengolahan data curah hujan harian selama 10 tahun (2005-2014) yang bersumber dari Stasiun Klimatologi Pondok Betung menggunakan persamaan (1) maka didapatkanlah tabel intensitas hujan pada kawasan yang menjadi objek kajian dengan periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun (Tabel 2).

Kemudian, menggunakan persamaan (2), dengan data parameter panjang saluran (L) sepanjang 0,936 km (diperoleh dari pengukuran panjang saluran pada Gambar 1 secara digital) dan kemiringan saluran sebesar 0,011 (diperoleh dari pengukuran

secara digital menggunakan Google Earth™) diperoleh waktu konsentrasi (T_c) sebesar 0,358 jam atau dibulatkan menjadi 21,5 menit.

Dengan menggunakan persamaan (3), diperoleh debit puncak pada periode ulang yang berbeda untuk kelas tutupan lahan berupa atap bangunan. Nilai koefisien limpasan permukaan (C) mengacu pada *US Forest Service* (1980) dalam Asdak (2004). Nilai koefisien limpasan permukaan untuk kelas tutupan lahan berupa area beratap berada pada kisaran 0,75 hingga 0,95. Dalam simulasi ini kita akan menggunakan nilai terbesar untuk koefisien C yakni 0,95.

Simulasi aplikasi sistem atap hijau

Dalam simulasi ini digunakan beberapa asumsi sebagai berikut:

- Media tanam yang digunakan adalah cocopeat 100%. Media tanam ini memiliki bobot terendah dan kapasitas menahan air yang paling tinggi bila dibandingkan dengan media tanam lain

seperti arang sekam, zeolit dan hidroton (Mubarak, 2017). Dari sumber yang sama diketahui bahwa cocopeat mampu menyerap air hingga 3,2 kali berat normalnya dan memiliki kapasitas menahan air tertinggi selama interval 1 hingga 4 minggu setelah tanam.

- Kedalaman media tanam cocopeat pada sistem atap hijau ditetapkan pada kedalaman 10 cm. Volume cocopeat dihitung dari luas area atap yang disimulasikan sebagai atap hijau dikalikan dengan kedalaman media cocopeat.
- Menurut Shanmugasundaram et al. (2014), bulk density dari cocopeat adalah 193 Kg/m³. Pada skala luas per 1 m² dan kedalaman cocopeat sebagai media tanam sedalam 10 cm (0,1 m) atau volume sebesar 0,1 m³, maka berat cocopeat pada volume tersebut adalah sebesar 19,3 Kilogram.
- Kemampuan menahan air cocopeat dari hasil penelitian Mubarak (2017), adalah sebesar 3,2 kali dari berat cocopeat. Sebagai pembanding, menurut Shanmugasundaram et al. (2014), cocopeat mampu menahan air hingga 4,8 kali dari berat cocopeat. Dalam simulasi ini kita mengambil nilai yang lebih kecil.
- Pada berat cocopeat sebesar 19,3 Kilogram per 0,1 m³ volume atap hijau,

maka air yang dapat diserap untuk volume tersebut adalah sebesar 61,76 Kg. Dengan asumsi bahwa air murni memiliki berat 1 Kg per liter, maka volume air hujan yang dapat diserap oleh media cocopeat adalah sebesar 61,76 liter.

- Jumlah tersebut di atas dapat diartikan bahwa pada permukaan dengan luas 1 m² dapat menampung curah hujan sebesar 61,76 mm. Waktu yang diperlukan bagi debit hujan untuk mengisi penuh kapasitas menahan air dari cocopeat disajikan pada Tabel 3.

3.2. Pembahasan

Pada Tabel 3, nampak bahwa pada skala luasan 1 m², sistem atap hijau dengan cocopeat 100% sedalam 10 cm sebagai media tanam diperkirakan mampu menunda debit puncak hingga melewati nilai *Time concentration* (Tc) sebesar 21,5 menit pada periode ulang dua hingga 100 tahun. Hal ini berarti bahwa apabila seluruh atap di wilayah kajian dapat diubah menjadi sistem atap hijau dengan spesifikasi tersebut, maka kontribusi atap terhadap produksi limpasan permukaan dapat ditekan seminimal mungkin hingga menyerupai kondisi sebelum dibangun. Namun tentu saja hal tersebut akan sangat sulit untuk diwujudkan, baik dari segi teknis maupun dari segi biaya.

Tabel 3. Perhitungan Qp untuk atap bangunan (per satuan luas 1 m²) pada periode ulang yang berbeda

Kelas tutupan lahan	Periode Ulang (Tahun)	C	I (mm/jam)	A (Ha)	Qp (L/detik)	Waktu yang dibutuhkan untuk mengisi penuh kapasitas menahan air dari cocopeat (menit)
Atap bangunan (per 1m ²)	2	0,95	89,03	0,0001	0,0235	44
	5		110,96		0,0293	35
	10		125,52		0,0331	31
	25		143,93		0,0380	27
	50		157,48		0,0416	25
	100		171,04		0,0452	23

Sumber: Pengolahan data (2018)

Pada Tabel 4 disajikan hasil perhitungan debit puncak dari tiap kelas tutupan lahan di wilayah kajian. Nampak bahwa kelas tutupan atap bangunan memiliki kontribusi terbesar terhadap debit puncak, dengan rata-rata sebesar 62,43% dari debit puncak total pada tiap periode ulang. Koefisien C gabungan untuk wilayah kajian adalah sebesar 0,81. Nilai koefisien limpasan permukaan yang besar ini disebabkan oleh dominannya kelas tutupan lahan atap dan perkerasan yang mencapai di atas 70%.

Nilai koefisien limpasan permukaan (C) yang digunakan pada Tabel 4 mengacu pada US Forest Service (1980) dalam Asdak (2004). Untuk kelas tutupan pohon, nilai C yang digunakan adalah 0,50; untuk kelas tutupan tanah terbuka, nilai C yang digunakan adalah 0,52; untuk rumput/tumbuhan bawah, nilai C yang digunakan adalah 0,38; untuk kelas tutupan perkerasan, nilai C yang digunakan adalah 0,95; dan untuk kelas tutupan badan air, nilai C yang digunakan adalah 0,15.

Pada Tabel 5 disajikan berbagai skenario aplikasi sistem atap hijau dan efeknya dalam menurunkan debit puncak pada level sub-Das melalui penurunan nilai koefisien C dari kelas tutupan atap bangunan. Penurunan nilai tersebut akan mengakibatkan juga penurunan nilai koefisien C secara

keseluruhan sebagai mana disajikan pada Tabel 5 tersebut. Pada kajian ini digunakan asumsi bahwa sistem atap hijau yang dapat diaplikasikan adalah sebesar 5% hingga 10% dari luas total tutupan atap bangunan di wilayah kajian.

Aplikasi sistem atap hijau sebesar 5% dari total luas kelas tutupan atap bangunan (atau sekitar 2,34 Hektar), berdasarkan hasil perhitungan, akan menurunkan debit puncak sebesar 3,12%. Sementara itu pada aplikasi sebesar 10% dari total luas kelas tutupan atap bangunan (atau sekitar 4,67 Hektar), sistem atap hijau tersebut dikalkulasi akan menurunkan debit puncak sebesar 6,24%.

Salah satu kendala terbesar dalam mengaplikasikan sistem atap hijau adalah menyediakan permukaan atap dengan permukaan yang datar. Hal ini dirasa menyulitkan, mengingat sebagian besar atap pada kawasan permukiman masih memiliki bentuk limas. Itulah mengapa pada simulasi ini skenario aplikasi sistem atap hijau dibatasi hingga 10% dari total luas kelas tutupan lahan atap bangunan. Hal ini dikarenakan hanya atap bangunan pada peruntukan seperti garasi, teras, maupun carport yang umumnya sudah memiliki permukaan datar. Ketiga peruntukan bangunan tersebut umumnya memiliki luas maksimal 10% dari bangunan utama.

Tabel 4. Perhitungan Qp untuk seluruh kelas tutupan lahan pada sub-Das di lokasi kajian

Kelas tutupan lahan	C	A (Ha)	Qp (m ³ /detik)					
			Untuk periode ulang (tahun)					
			2	5	10	25	50	100
Atap bangunan	0,95	46,74	10,99	13,70	15,49	17,77	19,44	21,11
Perkerasan / jalan	0,95	15,97	3,76	4,68	5,29	6,07	6,64	7,21
Pohon	0,50	15,64	1,94	2,41	2,73	3,13	3,42	3,72
Rumput / Tumbuhan bawah	0,35	5,99	0,52	0,65	0,73	0,84	0,92	1,00
Tanah terbuka	0,52	2,99	0,38	0,48	0,54	0,62	0,68	0,74
Badan Air	0,15	0,5	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04
Total sub-DAS	0,81	87,83	17,60	21,94	24,82	28,46	31,14	33,82

Sumber: Pengolahan data (2018)

Tabel 5. Skenario aplikasi atap hijau dan persentase pengurangan Qp untuk tiap skenario

Skenario aplikasi sistem atap hijau (% dari total area tutupan atap)	C atap	Qp total (m ³ /detik)						C _{sub-DAS} akhir	Reduksi Qp (%)
		Untuk periode ulang (tahun)							
		2	5	10	25	50	100		
5%	0,90	17,05	21,25	24,04	27,57	30,16	32,76	0,78	3,12
10%	0,86	16,50	20,57	23,27	26,68	29,19	31,71	0,76	6,24
15%	0,81	15,95	19,88	22,49	15,79	28,22	30,65	0,73	9,37
20%	0,76	15,41	19,20	21,72	24,90	27,25	29,59	0,71	12,49
25%	0,71	14,86	18,51	20,94	24,01	26,28	28,54	0,68	15,60
30%	0,67	14,31	17,83	20,17	23,13	25,30	27,48	0,66	18,73
35%	0,62	13,76	17,14	19,39	22,24	24,33	26,43	0,63	21,85
40%	0,57	13,21	16,46	18,62	21,35	23,36	25,37	0,61	24,98
45%	0,52	12,66	15,77	17,84	20,46	22,39	24,32	0,58	28,09
50%	0,48	12,11	15,09	17,07	19,57	21,42	23,26	0,56	31,21

Sumber: Pengolahan data (2018)

Dalam aplikasi sesungguhnya di lapangan, adalah bijak apabila kita tidak hanya terfokus pada satu bentuk teknologi pengurangan limpasan permukaan saja. Sistem atap hijau misalnya dapat dikombinasikan dengan sistem penangkapan air hujan, baik yang menggunakan drum sederhana, maupun yang menggunakan sistem toren air dan penyimpanan air dalam tanah. Kombinasi antara kedua bentuk teknologi tersebut akan meningkatkan jumlah limpasan permukaan yang dapat diserap dan mengurangi debit puncak lebih besar lagi.

Terkait dengan media tanam yang digunakan dalam sistem atap hijau ini, yakni cocopeat 100%, terdapat sebuah kendala yang mungkin akan muncul yakni masalah kejenuhan air yang dapat mengganggu pertumbuhan akar tanaman. Hal ini dikarenakan cocopeat mampu menyerap air dalam jumlah besar dan menahannya dalam waktu yang lama (Mubarak, 2017). Perlu dipilih tanaman untuk sistem atap hijau yang memiliki toleransi tinggi dengan kejenuhan air pada media tanam tersebut. Apabila diperlukan, cocopeat dapat dikombinasikan dengan media lain seperti perlite atau zeolit untuk menghasilkan kapasitas penyimpanan

yang diinginkan dan tidak mengganggu pertumbuhan tanaman.

Misal pada percobaan menggunakan rumput bermuda (*Cynodon dactylon* L.) sebagai tanaman untuk sistem green roof, Mubarak (2017) menemukan bahwa media terbaik untuk tanaman tersebut adalah kombinasi antara hidroton (20-40%), zeolit (20%), arang sekam (20-40%) dan cocopeat (20%). Hal ini menunjukkan bahwa unsur di luar bahan organik juga diperlukan unsur mineral untuk membantu fungsi kimiawi dalam menjaga kesediaan hara dalam waktu yang lebih lama yang berguna untuk menunjang pertumbuhan rumput bermuda dalam sistem atap hijau.

Sistem atap hijau pada kenyataannya tidak hanya terfokus pada penyerapan air hujan oleh media tanam semata, namun juga oleh vegetasi yang tumbuh di atasnya. Dalam simulasi ini hanya media tanam yang diperhitungkan untuk melakukan fungsi penyerapan air hujan. Namun pada kondisi sebenarnya, kemampuan akar dan tajuk tanaman untuk menyerap dan mengintersepsi air hujan juga harus diperhitungkan. Hal ini tentu saja tidak akan terwujud apabila media tanam yang dipilih tidak mampu mendukung

pertumbuhan vegetasi, ataupun vegetasi yang dipilih tidak cocok dengan media tanam yang digunakan pada sistem atap hijau.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil simulasi pada kajian ini dapat disimpulkan bahwa sistem atap hijau dengan media cocopeat 100% dapat menunda debit puncak hingga di atas waktu konsentrasi pada intensitas hujan rancangan pada seluruh periode ulang. Hal ini berarti apa bila sistem atap hijau dapat diaplikasikan pada seluruh tutupan atap bangunan di wilayah kajian, maka kontribusi atap terhadap debit puncak dapat ditekan hingga mendekati nol.

Namun karena keterbatasan dari segi teknis dan biaya, simulasi aplikasi atap hijau hanya terbatas hingga 10% dari luas total atap bangunan. Pada aplikasi sistem atap hijau sebesar 5% dan 10%, kontribusi terhadap pengurangan debit puncak adalah sebesar 3,12% dan 6,24% berturut-turut. Kombinasi dengan sistem penangkap air hujan diharapkan mampu lebih lanjut menurunkan kontribusi atap bangunan terhadap debit puncak pada wilayah kajian.

Penelitian kinerja atap hijau yang sudah ditumbuhi oleh vegetasi penutup tanah dalam menyerap air hujan perlu dilakukan di masa yang akan datang sebagai bahan untuk melakukan simulasi yang lebih rinci lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ampim, P.A.Y., J.J. Sloan, R.I. Cabrera, D.A. Harp & F.H. Jaber. (2010). Green Roof Growing Substrates: Types, Ingredients, Composition and Properties. *J. Environ.Hort.* 28(4), 244-252.
- Asdak, C. (2004). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Cao, C.T.N., C. Farrell, P.E. Kristiansen & J.P. Rayner. (2014). Biochar Makes Green Roof Substrates Lighter and Improves Water Supply to Plants. *Ecological Engineering* 71(2014), 368-374.
- Clean Water Services. (2009). *Low Impact Development Approaches Handbook*. Tualatin: Tualatin Basin Natural Resources Coordinating Committee.
- <http://www.cleanwaterservices.org/media/1468/lida-handbook.pdf> Diakses pada 12 Maret 2018.
- Dwihatmojo, R. (2014). *Ruang Terbuka Hijau yang Semakin Terpinggirkan*. Jakarta: Badan Informasi Geospasial. Diakses dari <http://www.big.go.id> pada 13 Maret 2018.
- Fahmi, Z.I. (2014). *Media Tanam Sebagai Faktor Eksternal yang Mempengaruhi Pertumbuhan Tanaman*. Surabaya: Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan.
- Kirmanto, D., I.S. Ernawi, & R.D. Djajapermana. (2012). *Indonesian Green City Development Program: An Urban Reform*. Dipresentasikan pada 48th ISOCARP Congress 2012, Perm, Rusia.
- Kristin, L. G. & D. B. Rowe. (2006). The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development. *Journal Hort.Science* 41(5), 1276–1285.
- Mubarak, M. (2017). *Kapasitas Menahan Air Dan Pertumbuhan Tanaman Rumput Bermuda (Cynodon dactylon L.) Pada Kombinasi Media Tanam Sistem Green Roof*. (Skripsi tidak dipublikasikan) Universitas Padjajaran, Jatinangor, Indonesia.
- Shanmugasundaram, R., T. Jeyalakshmi, S.S. Mohan, M. Saravanan, A. Goparaju & P.B. Murthy. (2014). Coco peat - An alternative artificial soil ingredient for the earthworm toxicity testing. *Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences* 6(1), 5-12. DOI: 10.5897/JTEHS2013.0289.
- Sutater, T.S. & R. Tejasarwana. (1998). *Serbuk sabut kelapa sebagai media tanam krisan dalam modernisasi usaha pertanian berbasis kelapa*. Prosiding Konferensi Nasional Kelapa IV, 293-300. Badan dan Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri.

PERSANTUNAN

Penelitian ini merupakan kelanjutan dari kegiatan penelitian S1 dari penulis pertama pada tahun 2016. Penulis berterima kasih kepada Ir. Eko Widi Santoso, M.Si dan Ir. Hasmana Soewandita, MS atas bimbingan, bantuan dan kerjasamanya selama proses penelitian.