

**APLIKASI SISTEM DRAINASE BERWAWASAN LINGKUNGAN
ZERO RUN OFF PADA KAWASAN PERMUKIMAN
Application of the Zero Run Off Sustainable Drainage System
for The Human Settlement**

Sarbidi

Pusat Litbang Permukiman, Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum
Jl. Panyaungan, Cileunyi Wetan, Kabupaten Bandung 40393

E-mail: tophisblind@yahoo.com; sarbidi.ah@gmail.com.

Diterima : 16 Juli 2013; Disetujui : 24 September 2013

Abstrak

Indonesia mempunyai curah hujan tinggi antara (1.000 – 4.000) mm/tahun. Penduduk dan urbanisasi tinggi menyebabkan alih fungsi lahan besar-besaran. Drainase konvensional sudah tidak mampu mengimbangi dampak yang ditimbulkannya. Hal itu diperlukan sistem drainase yang mampu menciptakan limpasaan air nol (LAN). Inilah alasan tahun 2012 diterapkan prototipe drainase berwawasan lingkungan, subreservoir tampung, resap, manfaat dan alirkan (TRMA) kelebihan air hujan ke badan air penerima. Tujuannya untuk mendapatkan kinerja prototipe drainase ramah lingkungan metode subreservoir TRMA dalam mereduksi limpasan air hujan dan genangan air dari ruang terbuka hijau (RTH) halaman kantor. Kegiatan dilaksanakan dengan metode eksperimental pada prototipe drainase berwawasan lingkungan subreservoir TRMA di RTH Pusat Litbang Permukiman Bandung. Kinerja prototipe dirumuskan dari simulasi matematis dan observasi operasi prototipe pada beberapa kali kejadian hujan deras (maksimum). Hasil kegiatan antara lain (1) prototipe drainase berwawasan lingkungan, subreservoir TRMA dapat diterapkan untuk menghasilkan limpasaan air nol (LAN), (2) kedalaman genangan air hanya 1 – 5 cm, setelah hujan reda, masih ada genangan selama 30 – 60 menit atau kurang dari 2 jam, (3) volume pemanenan air hujan besar dan konsumsi air minum kantor terpenuhi dengan baik.

Kata Kunci: Drainase, subreservoir, resapan, limpasan nol, genangan

Abstract

Indonesia has high rain intensity in between (1,000 – 4,000) mm/year. High population and urbanization has caused high over function of land causing massive. Conventional drainage has not been able to control the impact of it. It is needed the zero run off (ZRO) drainage system. This is the reason that was applied the sustainable drainage system on 2012, sub reservoir, infiltration, use, flow (SIUF) rain water excess into the water body receiver. The goal is to get the sustainable drainage performance, SIUF method in reducing the runoff and flood water is in the green open space (GOS) of office yard. This research carried out by the experimentation method of ZRO sustainable drainage prototype, SIUF sub reservoir system in the GOS of the Research Institute for Human Settlements Bandung. Prototype performance is formulated through the mathematic simulation and operated observation at several times, when the heavy rain. This research result include: (1) sustainable drainage, sub reservoir SIUF can be allocated is to get the ZRO, (2) the flood depth is about 1 to 5 cm, after rain has subsided while flood is still about 30 to 60 minute or is lower than 2 hours, (3) the volume of rain water harvesting is bigger and consumption of drinking water at office fulfilled well.

Keywords: Drainage, sub reservoir, infiltration, zero run off, flood

PENDAHULUAN

Latar Belakang

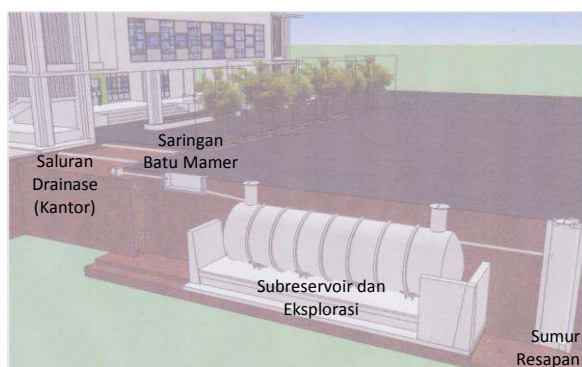
Drainase kota di Indonesia dipengaruhi oleh antara lain : (1) curah hujan rata-rata relatif tinggi yaitu antara (1.000-4.000) mm/tahun (Putra Pamungkas, 2006), (2) Perubahan fungsi lahan yang besar diperkotaan telah membuat koefisien limpasan (*run off coefficient*) lebih besar, (3) Perubahan iklim dunia seringkali menyebabkan hujan ekstrim, (4) Sistem drainase umumnya konvensional (Ditjen Penyehatan Lingkungan Permukiman, Kementerian Pekerjaan Umum, 2011).

Drainase konvensional adalah drainase yang berfungsi semata-mata untuk mengalirkan air limpasan secepatnya ke bagian hilir. Akumulasi air limpasan semakin cepat terjadi di tempat-tempat rendah, menyebabkan genangan air dan banjir sering terjadi di wilayah hilir daerah aliran sungai (DAS).

Sistem drainase konvensional sudah tidak mampu mengimbangi kebutuhan kota saat ini. Sistem drainase harus dapat mengakomodasi kondisi perubahan lingkungan permukiman atau sistem drainase berwawasan lingkungan atau drainase ramah lingkungan. Sistem drainase berwawasan

lingkungan adalah drainase yang diberfungsikan untuk pengendali genangan air, manajemen air hujan dan konservasi air tanah di permukiman atau DAS secara langsung.

Pada tahun 2011 dilakukan kajian subreservoir air hujan pada RTH perkotaan (Sarbididkk, 2011) dan dihasilkan rumusan kriteria teknis desain. Esometrik subreservoir air hujan pada RTH ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Esometrik Subreservoir Air Hujan pada RTH, Tanpa Skala. (Sarbididkk, 2011).

Dari Gambar 1 diketahui bahwa subreservoir air hujan terdiri atas : saluran drainase sekeliling bangunan, saringan kasar batu marmar, pipa sadap, subreservoir, sumur resapan air hujan dan *overflow* ke saluran terdekat.

Konsep desain subreservoir air hujan pada Gambar 1 merupakan “pembaharuan” dari teknologi yang telah ada, karena subreservoir merupakan paket pengelolaan air hujan yang kompak dan menyatukan tampungan, manfaat, resapan dan alirkan (TRMA) sisa air hujan.

Pada sebuah judul artikel dalam *www.eorinc.com* berbunyi : *Is zero run off a realistic goal in urban areas ?* (Ryan Fleming, Carl Almer, 2012). Apakah limpasan nol atau *zero run off* (ZRO) sesuatu tujuan realistis di daerah perkotaan ? Jawabannya hal itu, akan menjadi realistis apabila ruang terbuka hijau (RTH) di perkotaan dapat dimanfaatkan untuk pelestarian air.

ZRO dapat direalisasikan di lapangan dengan aplikasi subreservoir air hujan di seluruh 30% RTH kota. *Run off* yang ada di kawasan RTH dapat ditahan di dalam subreservoir hingga 100% (Sarbididkk, 2012). Dengan kata lain, air limpasan yang mengalir ke luar kawasan bisa diupayakan nol persen (*zero run off*).

ZRO adalah jumlah air limpasan yang keluar dari sistem mencapai nol atau mendekati nol persen atau limpasan air hujan yang ditahan dapat dicapai 100%.

Norma pedoman dan standar seperti sumur resapan air hujan (SNI 03-2453-2002), biopori

(Kamir R. B. dan Anne N., 2009), kolam retensi (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 05/PRT/M/2008), hutan kota (*Urban Forest Research*, 2002), Jaripah (S. Hendarko, 2007) sudah banyak diterapkan untuk peresapan air hujan di permukiman, tetapi belum terintegrasi sepenuhnya dan *output* fisik juga belum dapat dibuktikan secara kuantitatif. Oleh karena itu, pada tahun anggaran 2012, dilakukan “Pengembangan Sistem Drainase Permukiman Ramah Lingkungan”, dengan aplikasi prototipe terintegrasi antara Subreservoir TRMA, *paving/grass block* dan tanaman rumput gajah di RTH halaman kantor. Subreservoir diaplikasikan untuk sarana pemanenan air hujan (*rain water harvesting*) dan pereduksian genangan (banjir) dan air limpasan.

Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan kinerja sistem drainase ramah lingkungan, metode subreservoir tampung resap manfaat dan alirkan kelebihan air hujan (metode subreservoir TRMA), dalam mereduksi limpasan air hujan dan genangan air (banjir), yang berasal dari atap dan halaman gedung atau bangunan di RTH kantor.

Guna mewujudkan tujuan di atas, pada tahun 2012 telah dilakukan Pengembangan Sistem Drainase Permukiman Perkotaan Ramah Lingkungan. Salah satu kegiatannya adalah penerapan prototipe sistem drainase berwawasan lingkungan yang diterapkan secara terintegrasi, dengan Subreservoir TRMA di RTH kantor Pusat Litbang Permukiman, Bandung.

METODE

Kegiatan dilaksanakan dengan cara eksperimental, didukung data sekunder, terutama hasil kajian tahun 2011. Data primer merujuk hasil observasi pada prototipe drainase berwawasan lingkungan ZRO Subreservoir TRMA, yang dibangun pada RTH Pusat Litbang Permukiman Bandung.

Data dianalisis dan/atau simulasi matematis, diperoleh intensitas hujan, debit rencana, volume tampungan, konsumsi air minum, genangan banjir, neraca air dan observasi kinerja prototipe terhadap kejadian genangan pada saat hujan deras (maksimum).

Penentuan Debit Rencana

Untuk debit rencana digunakan data hujan maksimum dan rata-rata, tahun 2000 sampai tahun 2011 dari Stasiun Geofisika Kelas I, BMKG Jalan Cemara No. 66 Bandung.

Analisis frekuensi data hujan dilakukan dengan metode Gumbel (I Made Kamiana, 2011) dan Imam Subarkah, 1980). Intensitas hujan dianalisis dengan rumus Talbot, Ishiguro, Sherman (Suyono Sosrodarsono dan Kensaku Takeda, 1993), dimana

intensitas hujan rencana ditetapkan berdasarkan nilai dengan deviasi terkecil.

Debit rencana dihitung dengan rumus rasional, seperti pada rumus (1).

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (1)$$

Keterangan :

Q = debit rencana maksimum, (m³/det)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan rencana, (mm/jam)

A = luas bidang tadah/*catchment area*, (m²).

Dalam penerapan ini, I diperhitungkan untuk durasi dan periode ulang hujan pendek, terjadi kontinyu, limpasan bertambah mengikuti waktu konsentrasi (*t_c*). C diambil untuk atap atau jalan, C= 0,75 – 0,95. Luas bidang tadah (A) didasarkan pada luas atap bangunan dan/atau RTH kantor yang ada.

Analisis Tampungan Air Hujan

Air hujan yang ditampung subreservoir adalah volume maksimum (*S_{max}*), yang didapatkan dari perbedaan terbesar antara kurva *inflow* dengan *outflow* pada grafik persediaan air dan konsumsi air untuk berbagai keperluan dalam satu tahun.

Volume maksimum subreservoir selama satu tahun merupakan akumulasi hujan rata-rata dikurangi dengan akumulasi kebutuhan air atau konsumsi air per hari, untuk setiap orang atau pegawai dan pengunjung, yang telah diagendakan selama satu tahun. Rumus tampungan dicuplik dari Sarwoko Mangkoedihardjo (2011), seperti dirumuskan pada persamaan (2).

$$S_{max} = V_i - V_o \quad (2)$$

Keterangan :

S_{max} = volume tampungan (m³)

V_i = volume total *inflow* (m³)

V_o = volume total *outflow* (m³)

Penentuan Resapan Air Hujan

Sumur resapan dibuat sesuai ketentuan dalam SNI 03-2453-2002 : Tata cara perencanaan sumur resapan air hujan (Badan Standar Nasional, 2002).

Overflow subreservoir air hujan dan genangan juga air limpasan di halaman parkir, taman dan jalan pada *paving/grass block* dialirkan dan dimasukkan ke dalam sumur resapan air hujan (SRAH). Konstruksi SRAH dipengaruhi oleh karakteristik tanah dan permukaan air tanah dangkal setempat. Oleh karena itu diperlukan pengukuran muka air tanah dangkal dan uji daya rembes tanah setempat.

Analisis Genangan Air

Kejadian genangan air limpasan di kawasan RTH kantor dianalisis dengan Persamaan Kontinuitas pada rumus (3).

$$0,5(Q_{banjir1} + Q_{banjir2}) + (S_1 - 0,5P_1t) = (S_2 - 0,5P_2t) \quad (3)$$

Keterangan :

Q_{banjir} = debit banjir yang masuk, ditampung dalam reservoir dan sumur resapan (m³/detik)

P = kapasitas air yang keluar dari reservoir air hujan (m³/detik).

T = interval waktu (detik).

Dalam penelitian ini, prototipe Subreservoir TRMA didesain beroperasi menyerupai operasi kolam retensi atau reservoir resapan.

Pada kejadian hujan maksimum diprediksi akan menyebabkan halaman dan jalan kawasan kantor digenangi oleh air limpasan yang besar, sehingga seluruh sarana Subreservoir TRMA dipenuhi oleh air limpasan. Kejadian tersebut harus diobservasi secara seksama.

Kinerja prototipe berwawasan lingkungan RTH halaman kantor dapat dinilai baik, apabila kejadian genangan tidak melebihi waktu, selama 2 jam setelah hujan reda. Uji kinerja dilaksanakan dengan simulasi matematis dengan rumus (4) dan observasi operasi sistem ketika kejadian hujan deras atau maksimum.

Analisis Neraca Air

Neraca air (*water balance*) merupakan alat untuk mendekati nilai-nilai hidrologis yang terjadi di lapangan. Secara garis besar, dalam neraca air digambarkan tentang hubungan antara aliran air ke dalam (*in flow*) dan aliran ke luar (*out flow*) dari suatu sistem, pada proses sirkulasi air di daerah tersebut pada suatu periode tertentu. Dengan analisis neraca air dapat diketahui jumlah air kelebihan (*surplus*) atau pun kekurangan (*defisit*).

Dalam hal ini, keadaan neraca air di lokasi penerapan prototipe Subreservoir TRMA. Jadi neraca air merupakan neraca masukan dan keluaran air pada RTH kantor Pusat Litbang Permukiman, khususnya *green building* pada periode tertentu. Persamaan neraca air dalam daerah aliran sungai ditampilkan pada rumus (4).

$$P = Q_o + E_a \pm \Delta S \quad (4)$$

Keterangan :

P = Presipitasi yang jatuh ke dalam bidang tadah (atap dan RTH halaman gedung)

Q_o = Presipitasi yang keluar dari bidang tadah pada *outlet* sistem yang ada

E_a = Evapotranspirasi

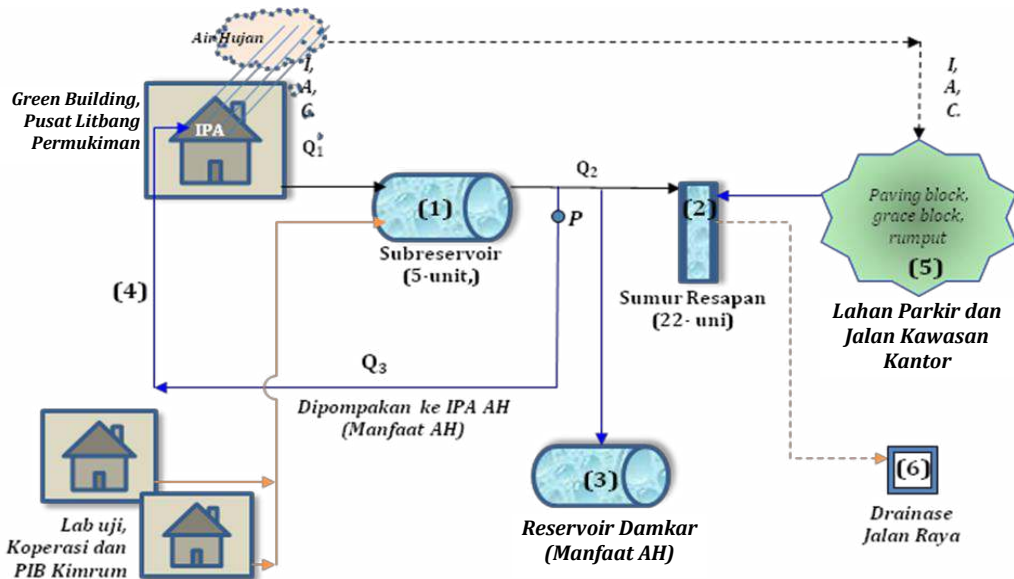
ΔS = Perubahan timbunan air dalam bidang tadah

Dalam penerapan ini, *Q_o* identik dengan limpasan yang dialirkan ke saluran drainase jalan raya. ΔS identik dengan jumlah air ditampung, dikonsumsi dan diresapkan ke dalam tanah. *E_a* diabaikan atau dianggap nol karena air di dalam sarana tampung

dan resapan tidak terpapar pada sinar matahari. Sehingga tidak akan ada genangan air limpasan di dalam RTH kantor secara kontinyu, kecuali pada kejadian hujan maksimum.

Pembangunan Prototipe

Konsep desain penerapan prototipe drainase berwawasan lingkungan ZRO Subreservoir TRMA ditampilkan pada Gambar 2 di bawah ini :



Gambar 2 Diagram Alir Sarana Sistem Drainase Permukiman Ramah Lingkungan (Modifikasi dari Sarbidi dkk, 2012)

Unit operasi prototipe ditampilkan pada Foto 1, yang terdiri atas sarana :

- tampungan dengan 5 unit subreservoir 65 m³, saluran drainase sekeliling kantor dan kolam taman)
- resapan dengan 22 buah sumur resapan air hujan, 2.167 m² paving block, 848 m² grass block dan 1.452 m² rumput gajah. Dalam penelitian ini, analisis data difokuskan pada sumur resapan
- manfaatkan dengan 1 paket Instalasi Air Minum Air Hujan dan 3 unit portable water tapping, flushing toilet)
- alirkan melalui pipa ke sumur resapan dan drainase jalan raya

HASIL DAN PEMBAHASAN

Intensitas Hujan Rencana

Data hujan maksimum dianalisis dengan rumus Talbot, Ishiguro dan Sherman dan dihasilkan intensitas hujan, seperti ditampilkan pada Tabel 1. Intensitas hujan rencana untuk setiap periode ulang hujan ditetapkan dari hasil analisis, dengan nilai standar deviasi (SD) terkecil, yang diperoleh dari ketiga rumus tersebut.

Tabel 1 Intensitas Hujan Rencana

T (tahun)	Talbot		Ishiguro		Sherman	
	I (mm/ jam)	SD	I (mm/ jam)	SD	I (mm/ jam)	SD
2	183.50	7.32	85.77	47.63	307.82	48.89
5	153.01	17.67	203.54	12.55	204.47	12.86
10	160.41	28.72	281.46	48.33	201.50	13.97

Sumber : Hasil Analisis Sarbidi dkk, 2011 (T = Periode ulang hujan; I = Intensitas hujan; SD = Standar deviasi)

Berdasarkan hasil analisis dalam Tabel 1 diketahui bahwa intensitas hujan rencana (I) dengan standar deviasi (SD) yang terkecil didapatkan dari Rumus Ishiguro, yaitu I_{5,5} = 203.535 mm/jam = 5.65E-05 m/dt.

Debit Hujan Rencana

Debit rencana dihitung dengan rumus rasional, persamaan (1). Dalam perhitungan tersebut digunakan data I_{5,5} = 5.65E-05 m/dt , C = 0,8 dan A adalah luas bidang tadah yang ada.

Berdasarkan data-data di atas didapatkan debit hujan rencana, seperti yang ditampilkan Tabel 2.



Foto 1 Sarana Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan ZRO (Sarbidi dkk. 2012)

Tabel 2 Debit Hujan Rencana

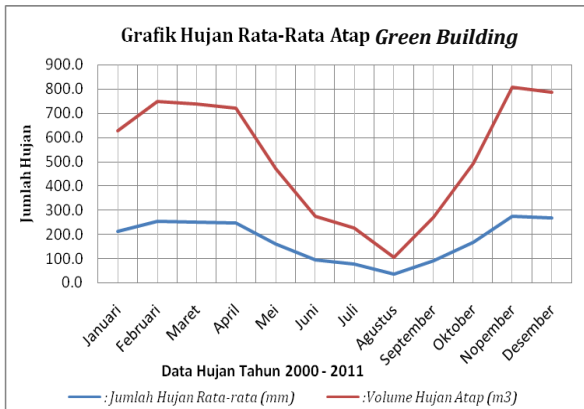
No	Bidang tadah	A (m ²)	C	Q _{5,5} (m ³ /dt)	Q _{5,5} (L/dt)
1	Green Building	1925.00	0.8	0.074	74.443
2	PITB Jawa Barat	530.00	0.8	0.020	20.496
3	Lab Uji Pipa PVC	1500.00	0.8	0.058	58.007
4	Koperasi Pusat Litbang Permukiman	156.00	0.8	0.006	6.033
5	Halaman Kantor	1472.59	0.8	0.057	56.947
Total debit		-	-	0.216	215.930

Sumber : Hasil Perhitungan (Modifikasi dari Sarbidid dkk, 2011).

Volume Hujan dan Konsumsi Air Minum

Curah hujan rata-rata jatuh pada atap bangunan, seperti atap *green building* (luas atap 1.925 m²) dialirkan ke drainase gedung dan melewati saringan batu marmer, kemudian ditampung di dalam subreservoir air hujan 3 x 65 m³ serta digunakan sebagai air baku air minum.

Curah hujan rata-rata dan volume limpasan yang jatuh pada atap *green building* ditampilkan pada grafik Gambar 3.



Gambar 3 Grafik Hujan Rata-Rata pada Atap *Green Building* Pusat Litbang Permukiman (Sarbidid dkk, 2012)

Dari Gambar 3 di atas didapatkan tambahan informasi antara lain : (1) air hujan dari atap (kantor), yang berukuran relatif luas dan ditampung dalam subreservoir dengan volume yang cukup besar dapat digunakan untuk sarana pemanenan air hujan (*rain water harvesting*), (2) konsumsi air hujan diperoleh dengan merinci sejumlah kegiatan setempat, (3) bila kantor dilengkapi dengan sarana subreservoir, maka air hujan layak dipanen untuk memenuhi kebutuhan konsumsi air minum, dan (4) subreservoir air hujan dapat dimanfaatkan untuk penerapan sistem drainase berwawasan di kawasan RTH kantor.

Konsumsi dan Tampungan

Volume kumulatif tampungan (**S_{maks}**) air hujan di lokasi penerapan prototipe dihitung dengan persamaan (2) menggunakan data rata-rata tahun 2000-2011 dan periode ulang 5 tahunan. Volume *input* kumulatif air hujan yang masuk (m³) ditambah volume air hujan yang ditampung di dalam subreservoir dikurangi jumlah konsumsi kumulatif air minum (m³) per bulan atau per tahun adalah volume kumulatif air *output* atau *overflow* yang melimpas keluar, berupa kelebihan air (*surplus*), yang dialirkan ke sumur resapan air hujan (SRAH).

Hasil simulasi matematis volume *input* kumulatif air hujan masuk (m³) yang tertampung di dalam subreservoir, konsumsi kumulatif air minum (m³) dan volume kumulatif air yang melimpas keluar (m³) per bulan atau per tahun pada *green building* (luas atap 1.925 m²) ditampilkan pada Tabel 3 dan Gambar 4.

Tabel 3 Analisis Jumlah Tampungan Air terhadap Konsumsi Air Hujan Kumulatif

Bulan	Curah Hujan Rata-rata (mm)	Vol. Air Tampung Rata-rata (m ³)	Konsumsi AM (m ³)	Vol Air Tampung Kumul (m ³)	Konsumsi AM Kumul (m ³)	Defisit/ Surplus Air (m ³)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Jan	214.50	412.91	64.89	412.91	64.89	348.03
Feb	255.70	492.22	46.97	905.14	111.85	793.28
Mar	251.60	484.33	64.89	1389.47	176.74	1212.73
Apr	246.30	474.13	79.56	1863.59	256.29	1607.30
Mei	161.00	309.93	52.17	2173.52	308.46	1865.05
Juni	93.00	179.03	50.88	2352.54	359.34	1993.20
Juli	76.90	148.03	72.71	2500.58	432.05	2068.52
Agust	35.50	68.34	57.22	2568.91	489.27	2079.64
Sep	92.60	178.26	52.17	2747.17	541.44	2205.73
Okt	168.20	323.79	52.17	3070.95	593.61	2477.35
Nov	275.60	530.53	46.97	3601.48	640.57	2960.91
Des	268.80	517.44	46.97	4118.92	687.54	3431.38

Sumber: Hasil Perhitungan (Modifikasi dari Sarbidid dkk, 2012)

Keterangan :

(2) : data curah hujan rata-rata harian per bulan, dalam m³, sebagai input subreservoir

(3) : curah hujan x luas atap : 1000 = [(i x A) : 1000]

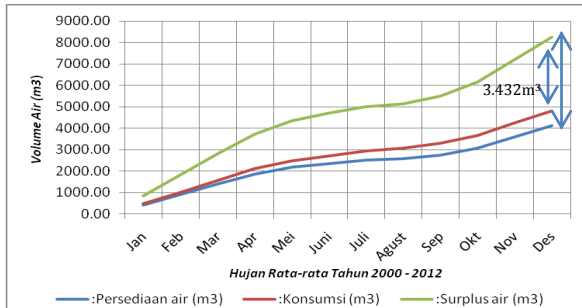
(4) : data konsumsi air rata-rata per bulan, dalam dalam m³

(5) : Jan = 421,91 + 0; Feb = 421,91 + 492,22; Mar =905,14 +484,33 dst

(6) : Jan = 64,89 + 0; Feb =64,89 + 46,97; Mar =111,85 +64,89, dst

(7) : (6) - (7), sebagai output subreservoir

Air limpasan pada Tabel 3, khususnya kolom (3) dikurangi kolom (4) diperoleh volume cadangan (m^3 /bulan). Bila dihitung lebih lanjut, cadangan air ditampung dalam 3 subreservoir di *green building* sekitar (47%) dan *overflow* air hujan ke sumur resapan air hujan 53%.



Gambar 4 Grafik Pemakaian Air Hujan Setiap Tahun (Sarbidi dkk, 2012)

Merujuk pada informasi dalam Tabel 3 diketahui limpasan atap *green building* yang ditampung sekitar 4.118,4 m^3 /tahun dan dikonsumsi sekitar 687,54 m^3 /tahun, jadi surplus air sekitar 3.341 m^3 /tahun. Artinya kebutuhan air *green building* dapat dipenuhi dengan pemanfaatan air hujan (*rain water harvesting*). Bila dihitung dengan cara yang sama akan diperoleh volume limpasan yang ditampung di halaman sekitar 2.751,47 m^3 /tahun, sehingga total limpasan yang dapat ditampung sekitar 6.870,41 m^3 /tahun.

Peresapan Air Hujan

Daya rembes tanah sekitar lokasi penelitian, khusus pada kedalaman (4-5) m sekitar (10^{-2} - 10^0) dan diambil = 0,0115 m^3 /detik dan dalam sumur resapan air hujan 5 m.

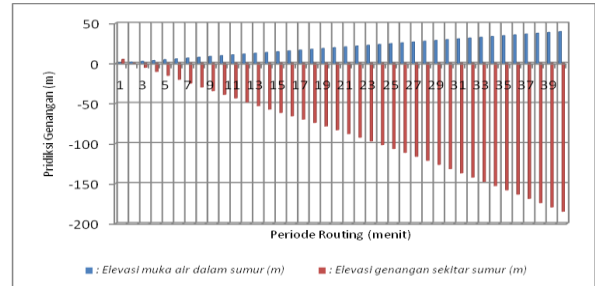
Informasi kejadian resapan air hujan dari atap (*green building*) sebagai berikut :

- Debit limpasan atap = 0,074 m^3 /detik, ditampung dalam 4 unit subreservoir sebesar = 47% x 0,074 m^3 /detik = 0,0348 m^3 /detik dan *overflow* = 53% x 0,074 m^3 /detik = 0,0392 m^3 /detik.
- Dalam simulasi matematis, untuk satu sumur dapat diresapkan air hujan = 0,009 m^3 /detik. Untuk 4 sumur pada subreservoir diresapkan 4 x 0,009 m^3 /detik = 0,0361 m^3 /detik. Maka kelebihan air limpasan = (0,0392 - 0,0361) m^3 /detik = 0,0031 m^3 /detik atau sekitar 8%, selanjutnya menjadi genangan di halaman kantor atau mengalir ke saluran drainase PITB Jawa Barat.
- Debit limpasan halaman = 0,057 m^3 /detik + 0,0031 m^3 /detik = 0,0601 m^3 /detik. Pada halaman dibuat sekitar 20 buah sumur resapan, sehingga dapat diresapkan air limpasan = 0,1806 m^3 /detik > 0,0601 m^3 /detik. Jadi seluruh air limpasan *green building* dan

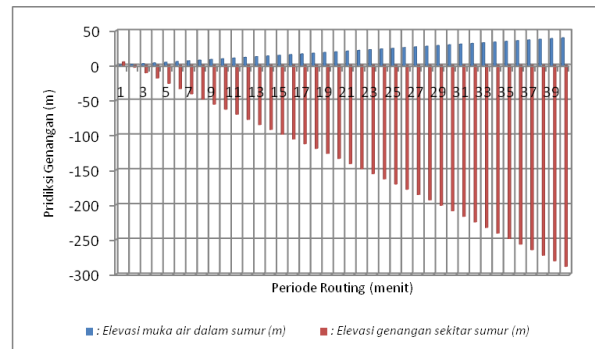
halaman direduksi 100% atau dialirkan keluar kawaan nol persen.

Kejadian Genangan Air (Banjir)

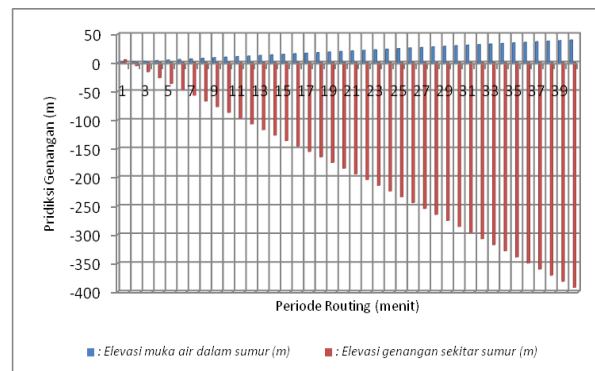
Kejadian genangan air pada halaman didapatkan dari simulasi matematis menggunakan Rumus Kontinuitas pada persamaan (3). Gambaran matematis genangan di RTH halaman kantor ditampilkan pada grafik Gambar 5 s.d. Gambar 7.



Gambar 5 Grafik Simulasi Genangan Air Bila Diterapkan Sebanyak 10 Buah SRAH (Sarbidi dkk, 2012)



Gambar 6 Grafik Simulasi Genangan Air Bila Diterapkan Sebanyak 15 Buah SRAH (Sarbidi dkk, 2012)



Gambar 7 Grafik Simulasi Genangan Air Bila Diterapkan Sebanyak 20 Buah SRAH (Sarbidi dkk, 2012)

Berdasarkan grafik pada Gambar 5 dan Gambar 6 diketahui (1) genangan air limpasan di halaman dan resapan ke dalam tanah, sejalan dengan perubahan waktu, (2) pada kejadian hujan deras (maksimum), genangan terjadi hanya pada 5 menit di awal, setelah itu hilang setelah air hujan sudah terdistribusi pada seluruh sumur resapan.

Pada Gambar 7, ketika air limpasan sudah ditampung dalam 20 SRAH, kejadian genangan hanya pada menit kesatu, selanjutnya genangan

limpasan menghilang dari permukaan paving/grass block jalan dan halaman.

Berdasarkan observasi pada beberapa kali kejadian hujan deras diperoleh informasi : (1) saat awal hujan belum terjadi genangan, tetapi ketika saluran drainase *green building* penuh, subreservoir penuh, SRAH penuh dan kolam tampungan taman juga penuh, terjadi genangan di halaman, jalan dan lapangan parkir sedalam ± 1 – 5 cm. (2) genangan akan hilang 30 – 60 menit setelah hujan reda. Kejadian genangan kurang dari 2 jam, jadi memenuhi persyaratan sistem drainase kota.

Berdasarkan simulasi dan observasi diketahui : (1) kejadian hujan maksimum sudah dapat diimbangi oleh kapasitas subreservoir, kolam halaman dan sumur resapan. (2) prototipe drainase berwawasan lingkungan RTH kantor Pusat Litbang Permukiman, khususnya *green building* menghasilkan kondisi nol limpasan (*zero run off*), genangan air sedalam 1 – 5 cm, selama 30 – 60 menit dan hilang atau kering kurang dari 2 jam setelah hujan reda, jadi memenuhi persyaratan dalam drainase kota.

Neraca Air

Neraca air (*water balance*) di kawasan kantor Pusat Litbang Permukiman merupakan hubungan antaran debit limpasan maksimum, tampungan, manfaat (konsumsi), resapan dan air kelebihan (*over flow*) di beberapa bangunan dan halaman :

a) Bangunan *green building*.

Air hujan yang jatuh di jalan, halaman dan taman dapat ditampung dan diresapkan 100% dalam sekitar 20 sumur resapan. Sedangkan air hujan dari atap (0,074 m³/detik) ditampung dan dikonsumsi sekitar 0,0348 m³/detik (47%), diresapkan melalui sekitar 4 sumur resapan sekitar 0,0361 m³/detik (45%) dan air kelebihan sekitar 0,0031 m³/detik (8%), tetapi dapat ditampung dan diresapkan bersama ke dalam 20 sumur dan kolam taman di halaman. Jadi air limpasan (*run off*) yang berasal dari *green building* direduksi sekitar 100% dan atau dialirkan ke luar kawasan sekitar nol persen.

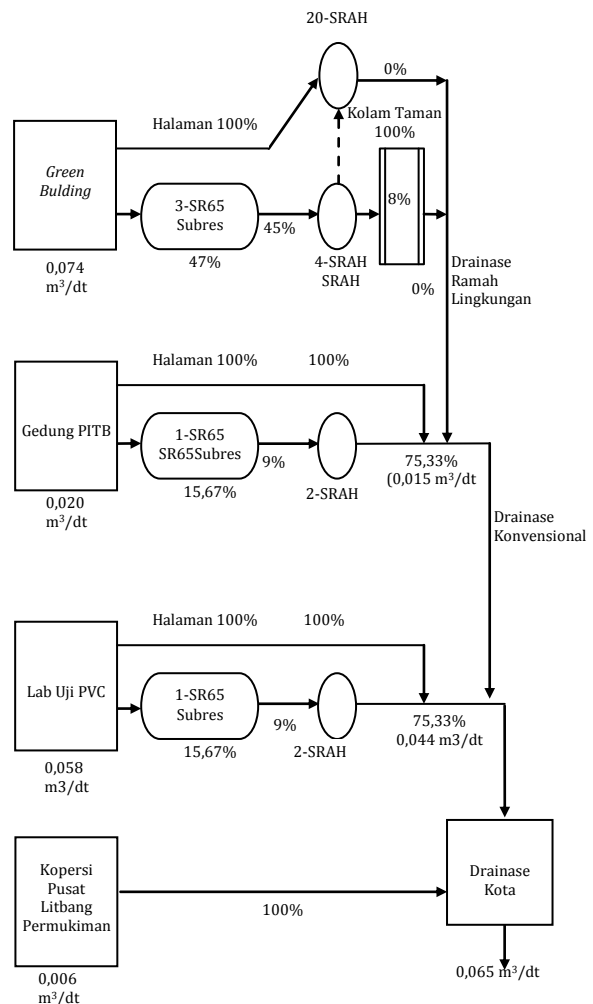
b) Bangunan Laboratorium Uji Pipa PVC, Pusat Informasi Teknologi Bangunan (PITB) Jawa Barat dan Koperasi Pusat Litbang Permukiman.

Bangunan lab uji hanya menampung air hujan sebanyak 65 m³ atau 47%/3 = 15,67%, diresapkan ke dalam 2 unit SRAH = 2 x 0,0009 m³/detik = 0,0018 m³/detik (± 9%), maka *over flow* ke saluran drainase = 75,33% x 0,058 m³/detik = 0,0437 m³/detik.

Gedung PITB Jawa Barat hanya menampung air hujan sebanyak 65 m³ atau sekitar 15,67%, diresapkan ke dalam 2 unit SRAH = 2 x 0,0009

m³/detik = 0,0018 m³/detik (± 9%), maka *over flow* ke saluran drainase = 75,33% x 0,02 m³/detik = 0,0151 m³/detik. Sedangkan Koperasi Pusat Litbang Permukiman, *over flow* = 0,006 m³/detik.

c) Air hujan (air limpasan) yang dialirkan ke drainase kota = (0,0186 + 0,004 + 0,006) m³/dt = 0,0286 m³/dt, yang sebagian besar berasal dari area Gedung PITB Jawa Barat, Lab Uji Pipa PVC dan Koperasi Pusat Litbang Permukiman.



Gambar 8 Neraca Air di Kawasan RTH Kantor Pusat Litbang Permukiman (Modifikasi dari Sarbidi dkk, 2012)

Secara skematis kondisi neraca air di kawasan kantor digambarkan pada diagram Gambar 8. Berdasarkan diagram Gambar 8 diperoleh hasil : (1) pada drainase ramah lingkungan *green building* dihasilkan limpasan nol (*zero run off*) dan (2) pada drainase konvensional, seperti di PITB, Jawa Barat, Lab Uji Pipa PVC dan Koperasi Pusat Litbang Permukiman dihasilkan limpasan 0,065 m³/detik (77,338%) atau bukan *zero run off*.

KESIMPULAN

Prototipe drainase berwawasan lingkungan (Metode Subreservoir TRMA) *green building* Pusat Litbang Permukiman dapat diterapkan untuk tampungan, resapan dan konsumsi limpasan air (*run off*) hingga limpasan nol (*zero run off*).

Prototipe drainase berwawasan lingkungan RTH kantor Pusat Litbang Permukiman, khususnya *green building* menghasilkan kondisi nol limpasan (*zero run off*), genangan air sedalam 1 - 5 cm, selama 30 - 60 menit dan hilang atau kering kurang dari 2 jam setelah hujan reda, jadi memenuhi persyaratan dalam drainase kota.

Prototipe subreservoir TRMA dapat digunakan untuk sarana pemanenan air hujan (*rain water harvesting*) untuk memenuhi konsumsi air minum kantor yang bersangkutan.

Konstruksi subreservoir konstruksi FRP modul SR65 (ukuran diameter 3 m dan panjang 10 m) perlu dimodifikasi agar lebih praktis untuk aplikasi di lapangan.

Untuk aplikasi Metode Subreservoir TRMA, digunakan data hujan harian dan/atau bulanan rata-rata untuk perhitungan kapasitas tampungan dan data hujan maksimum menit-an atau jam-an untuk perhitungan resapan dan pengaliran air hujan kelebihan, yaitu data hujan runtut waktu menit-an/jam-an selama 5 - 10 tahun, periode ulang 5 tahun dan durasi hujan 5 menit, koefisien limpasan (C) = (0,75 - 0,95), bidang tadah adalah total luas atap rumah/bangunan dan waktu konsentrasi sesuai situasi yang tersedia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada Pusat Litbang Permukiman disampaikan ucapan terima kasih atas upaya melakukan kegiatan pengembangan dan pembangunan prototipe drainase berwawasan lingkungan, sejak tahun 2011 hingga sekarang.

DAFTAR PUSTAKA

Kamiana, I Made. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Cetakan Pertama. Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.

Mangkoediharjo, Sarwoko. 2011. *Drainase Berkelanjutan (Sustainable Urban Drainage)-Ver-2-adobe Reader*.

Pamungkas, Putra. 2006. *Pola Umum Curah Hujan di Indonesia*. Artikel. <http://klsdtik.wordpress.com/2006/12/03/pola-umum-curah-hujan-di-indonesia>.

Ryan Fleming, PE, LEED AP/rfleming@eorinc.com, Carl Almer/calmer@eorinc.com. 2012. Is "Zero Runoff" a Realistic Goal in Urban Areas?. *Emmons & Olivier Resources, Inc. (EOR)/www.eorinc.com. WEFTEC Oct. 5-9, 2012: Chicago, Illinois*

Sarbidi, Dadang Sobana, Sugeng Paryanto, Frieda Haryanie. 2011. *Penyusunan Kriteria Teknis Desain Subreservoir Air Hujan pada RTH untuk Drainase Berwawasan Lingkungan*. Laporan Akhir. Satker Pusat Litbang Permukiman, Bandung, Desember 2011.

Sarbidi. 2012. *Kajian Subreservoir Air Hujan pada Ruang Terbuka Hijau Dalam Mereduksi Genangan Air (Banjir)*. Jurnal Permukiman Vol. 7 No. 3 November 2012. ISSN: 1907-4352.

Sarbidi, Dadang Sobana, Edi Nur, M. Tohir. 2012. *Pengembangan Sistem Drainase Permukiman Perkotaan Ramah Lingkungan*. Laporan Akhir. Satker Pusat Litbang Permukiman, Bandung Desember 2012.

S, Hindarko. 2007. *Drainase Kawasan Daerah*. Edisi-kedua. Penerbit ESHA Jakarta, 23 Februari 2007.

Sosrodarsono Suyono, Kensaku Takeda. 1993. *Hidrologi untuk Pengairan*. Cetakan ke-7. Penerbit PT. Pradnya Paramita. Jakarta 1993.

Subarkah, Imam. 1980. *Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air*.

SNI 03-2453-2002. 2002. *Tata Cara Perencanaan Teknik Sumur Resapan Air Hujan untuk Lahan Pekarangan*. Badan Standar Nasional.

SNI 02-2406-1991. 1991. *Tata Cara Perencanaan Umum Drainase Perkotaan*. Badan Standar Nasional.

Thorntwaite, C.W., and J.P. Matter. 1957. *Instruction and tables for computing potensial evapotranspiration and te water balance*. *Drexel Institute of Climatology*. New Jersey. 401p

..... 2011. *Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan*. Buku Jilid IA. Dit. PLP, Ditjen Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum.

..... 2008. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 05/PRT/M/2008 tentang *Penyediaan dan Pemanfaatan RTH di Kawasan Perkotaan*.