

**KAJIAN SUBRESERVOIR AIR HUJAN PADA RUANG TERBUKA HIJAU
DALAM MEREDUKSI GENANGAN AIR (BANJIR)
Research on Rain Water Subreservoir is in the Green Opened Space
to Reduce the Flooded Water**

Sarbidi

Pusat Litbang Permukiman, Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum
Jl. Panyaungan, Cileunyi Wetan-Kabupaten Bandung 40393
E-mail : tophisblind@yahoo.com

Diterima : 04 Juli 2012 Disetujui : 17 Oktober 2012

ABSTRAK

Perubahan fungsi lahan perkotaan sangat besar menyebabkan tanah kedap air semakin meluas, air limpasan lebih besar, debit banjir lebih tinggi dan bencana banjir yang besar di wilayah hilir. Undang-Undang nomor 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang menetapkan kota wajib menyediakan ruang terbuka hijau (RTH) 30% dari luas wilayah. Tahun 2011 telah diteliti kriteria teknis desain subreservoir pada RTH untuk penampungan, peresapan dan pemanfaatan air hujan. Penelitian dimaksudkan untuk mengetahui kapasitas subreservoir pada RTH dalam mereduksi genangan air (banjir). Penelitian menggunakan metoda Gumbel, rumus Talbot, Ishiguro, Sherman dan Mononobe, rumus rasional, analisis luas kota dan RTH serta analisis reduksi debit banjir. Data dikumpulkan di Kota Bandung, Bogor dan Jakarta. Hasil penelitian: (1) semakin luas RTH menerapkan subreservoir air hujan, semakin besar genangan air (banjir) dapat direduksi di permukiman kota. (2) Seluruh RTH (30% wilayah kota) dapat digunakan untuk pencegahan banjir preventif dan mereduksi genangan hingga 48%. (3) Semakin kecil RTH kota semakin besar kecenderungan terjadi genangan air hujan di perkotaan, (4) RTH 16% diprediksi peluang terjadi genangan banjir mencapai 74% dan RTH eksisting sekitar 9% peluang terjadi genangan banjir mencapai 86%. (5) Subreservoir pada RTH berpotensi menahan air limpasan mencapai 100% dan mengalirkan kelebihan air ke drainase kota hingga nol persen atau zero runoff.

Kata Kunci : Ruang terbuka hijau, intensitas hujan, subreservoir, reduksi genangan air, zero runoff

ABSTRACT

Changes function of land in urban areas is very high having caused the land surface become watertight, water runoff is bigger, flood rate is higher and flood disaster is higher in downstream. The Republic of Indonesia Law No. 26 year 2007: Spatial Planning determines that every city must provide the green open space (GOS) is 30%. In 2011 had researched the technical design criteria of the sub reservoir in the GOS is to be rainwater reservoir, infiltration and rainwater harvesting. The aims of research are to know the capacity of sub reservoir is in the GOS make the flood reduction. Research method used the Gumbel distribution method, Talbot, Ishiguro, Sherman and Mononobe and rational formula, urban and GOS area analysis and the flood rate reduction analysis. Data collected in Bandung, Bogor and Jakarta cities. Research result (1) more and more GOS area used the rainwater sub reservoir will be more and more the flood disaster can be reduced in the human settlements. (2) All of the GOS (30% of urban area) can be used to prohibit preventive flood and reducing flooded area up to 48% (3) smaller city's GOS, bigger inclination happens in hold flooded area in city (4) GOS 16% predicted to be flooded up to 74% and GOS exist approximately 9% opportunity to be flooded up to 86% (5) Subreservoir in GOS potentod to hold overflow water up to 100% and flowing excessive water to city's drainage up to zero percent or zero runoff.

Keywords : Green opened space, rain intensity, subreservoir, reduce flooded water, zero runoff

PENDAHULUAN

Air adalah anugerah Tuhan. Jumlahnya sangat banyak, jauh melebihi semua keperluan¹. Pada musim hujan banyak terjadi banjir, longsor, erosi. Sebaliknya, pada musim kemarau menderita kekurangan air. Seringkali kualitasnya buruk, salinitas tinggi, asam, bau, mengandung lumpur, polutan, kuman dan lain-lain².

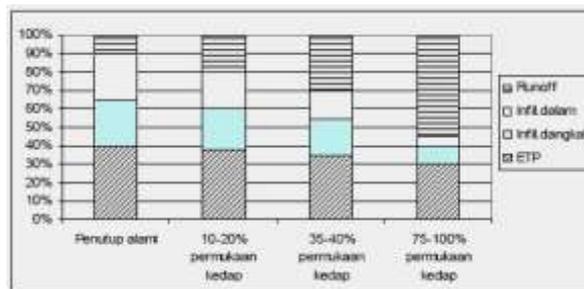
Tanah mempunyai kemampuan tertentu untuk menyerap dan menyimpan air hujan. Seringkali jumlah air hujan dalam waktu tertentu melebihi kemampuan tanah menyerap, menyimpan dan menampung air. Bila jumlah air yang datang besar sedangkan kemampuan tanah menyerap air rendah dan tidak tersedia alur agar air tersebut dapat bergerak ke tempat lain, maka air yang tidak terserap akan menggenangi permukaan tanah.

Apabila air yang tergenang tersebut mengalir ke tempat lain disebut aliran permukaan (*runoff*). Aliran permukaan secara alami akan berkumpul dan menggenang di tempat yang lebih rendah seperti danau, rawa atau masuk ke sungai dan terus mengalir ke laut. Bila jumlah air yang masuk ke sungai lebih besar dari pada air yang keluar ke laut, maka air akan meluap dan menggenangi lahan di sekitar sungai, danau dan rawa. Genangan air yang cukup besar disebut banjir. Sebagian besar air hujan menjadi aliran permukaan akan menyebabkan banjir di hilir³. Peningkatan volume aliran permukaan akan semakin besar bersamaan dengan terjadinya alih fungsi lahan, dari sawah, hutan, perkebunan yang porous berubah menjadi lahan berpenutup permanen seperti lahan perumahan, pabrik, jalan dan lain-lain menjadi kedap air.

Alih fungsi lahan sangat besar terjadi di wilayah kota akibat dari pertumbuhan penduduk dan urbanisasi yang besar. Urbanisasi meningkatkan lapisan permukaan tanah yang kedap air akibat pembangunan pemukiman baru. Urbanisasi juga menyebabkan terjadinya penyempitan penampang alur sungai. Akibat yang dapat ditimbulkan karena pembentukan lapisan kedap yaitu: (1) Sistem penyimpanan air tanah sangat rendah sehingga cadangan air di musim kemarau akan merosot. (2) Kemampuan penyerapan air dan laju infiltrasi tanah berkurang, kapasitas air limpasan lebih besar dan lebih cepat menuju ke bagian hilir sungai, serta debit puncak tinggi mengakibatkan risiko banjir yang besar di hilir.

Kecenderungan meningkatnya risiko banjir yang disebabkan oleh alih fungsi lahan bervegetasi (*cultivated land*) menjadi lahan beton/aspal (*non cultivated land*) tidak saja dihadapi oleh negara-negara berkembang seperti Indonesia, tetapi juga negara-negara maju seperti Jerman, Perancis, Inggris, Amerika, dan Jepang⁴.

Kondisi permukaan tanah menjadi kedap air (*impermeable surface*) dapat diprediksi dengan nilai koefisien limpasan (C) kumulatif kawasan. Nilai C berkisar antar 0 sampai 1 atau $(0 \leq C \leq 1)$. Semakin tinggi nilai C semakin rendah kapasitas permukaan tanah dapat meresapkan air hujan kedalam tanah atau menunjukkan semakin besar volume air limpasan. Gambaran kondisi permukaan tanah dengan *runoff* dan infiltrasi dapat ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Hubungan antara permukaan tanah dengan aliran permukaan (*runoff*), infiltrasi dan evapotranspirasi, kasus Philadelphia, USA⁵

Banjir dan tanah longsor masih banyak dihadapi di beberapa wilayah di Indonesia. Banjir terjadi setiap tahun melanda, baik di daerah perkotaan maupun lahan pertanian, seperti daerah Bandung Selatan, Jakarta, Medan, Tuban, Balikpapan, dan lain-lain. Masalah banjir di Indonesia terjadi, disatu pihak akibat (1) meningkatnya limpasan langsung dikarenakan kapasitas badan sungai mengecil, (2) tempat-tempat parkir (rumah-rumah) air banjir menghilang (dataran banjir, rawa, situ, kolam bahkan anak-anak sungai) berubah menjadi kawasan permukiman, industri dan perdagangan, (3) berkurangnya kapasitas badan sungai dalam mengalirkan debit banjir karena telah terjadi penyempitan alur sungai oleh bangunan, yang banyak terjadi di perkotaan serta cepatnya laju sedimentasi sebagai akibat dari tingginya erosi lahan dan (4) banyaknya sampah yang terbawa aliran sungai⁶. Fenomena banjir berpengaruh pada drainase kota. Setiap musim hujan, drainase tidak mampu mengendalikan genangan air (banjir). Penyebabnya antara lain: (1) Curah hujan di Indonesia relatif tinggi, berkisar antara (1000 – 4000) mm/tahun. (2) Pemanasan global (*global warming*) berdampak pada curah hujan ekstrim. (3) Pertumbuhan penduduk dan urbanisasi di perkotaan mengakibatkan alih fungsi lahan besar-besaran dan koefisien *runoff* terus meningkat⁷.

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi risiko banjir di wilayah perkotaan, antara lain melalui aplikasi sistem penampungan air hujan dengan Subreservoir Air Hujan pada Ruang Terbuka Hijau (RTH)⁸. Pada wilayah kota terdapat RTH paling sedikit 30% dari luas wilayah dimana 20% adalah RTH publik dan 10% RTH privat⁹. Penyediaan dan pemanfaatan RTH adalah untuk menjamin tersedianya ruang yang cukup bagi kawasan konservasi untuk kelestarian hidrologis

dan kawasan pengendalian air larian dengan menyediakan kolam retensi¹⁰. Tersirat bahwa kawasan RTH dapat dimanfaatkan untuk konservasi dan penampungan air limpasan dengan aplikasi subreservoir air hujan atau kolam retensi untuk pengendalian genangan air (banjir).

Pada satu sisi kejadian bencana banjir, kekeringan, dan kekurangan air baku semakin sering terjadi di wilayah perkotaan di Indonesia dewasa ini. Pada sisi lain, penyediaan lahan untuk menampung air limpasan yang besar semakin sulit diperoleh. Padahal di wilayah perkotaan masih ada aset yang didayagunakan, yaitu curah hujan dan RTH.

Undang-Undang RI No. 6 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang menetapkan bahwa minimal 30% wilayah kota adalah ruang terbuka hijau (RTH). Sedangkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 05/PRT/M/2008 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan RTH di Kawasan Perkotaan menjelaskan bahwa RTH dapat digunakan untuk konservasi air dan tampungan air limpasan. Sejauh mana kemampuan RTH dalam mewujudkan kebijakan tersebut, tergantung pada (1) besarnya curah hujan, (2) luas kawasan RTH kota yang tersedia dan (3) aplikasi teknologi konservasi dan penampungan air hujan, yang cocok dengan fungsi-fungsi RTH di perkotaan⁸.

Pada tahun 2011 dihasilkan teknologi Subreservoir Air Hujan untuk RTH. Subreservoir adalah model tampungan, pemanfaatan dan peresapan air hujan dari atap rumah dan bangunan, yang akan dibangun di bawah permukaan tanah kawasan RTH, dan bagian atasnya tetap dapat berfungsi sebagai RTH perkotaan. Permasalahannya, berapa besar kemampuan RTH dapat mereduksi genangan air (banjir) apabila dimanfaatkan untuk pembangunan subreservoir air hujan?

Tulisan ini membahas potensi subreservoir air hujan pada RTH kota mereduksi genangan air (banjir) di permukiman dan menciptakan *zero runoff*. Tulisan menggunakan sebagian kecil data hasil penelitian oleh Sarbidid, et al tahun 2011⁸.

Ruang Terbuka Hijau Perkotaan

Pada hasil KTT Bumi Rio De Jenerio tahun 1992 dan Johannesburg tahun 2002 dijelaskan bahwa luas ruang terbuka hijau (RTH) optimal adalah 30% dari luas wilayah kota (LWK).

Di Indonesia, RTH sesuai dengan UURI No. 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang ditetapkan RTH pada wilayah kota paling sedikit 30% dari luas wilayah kota dan proporsi RTH publik paling sedikit 20% dari luas wilayah kota⁹.

Permen No: 05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan RTH di Kawasan

Perkotaan menetapkan, antara lain: penyediaan dan pemanfaatan RTH adalah untuk menjamin tersedianya ruang yang cukup bagi, antara lain: (a) kawasan konservasi untuk kelestarian hidrologis dan (b) kawasan pengendalian air larian dengan menyediakan kolam retensi. Dari segi kepemilikan, RTH dibedakan ke dalam RTH publik dan RTH privat, seperti Tabel 1¹⁰.

Tabel 1 Jenis RTH berdasarkan kepemilikan¹⁰

No.	Jenis ^{*)}	Publik	Privat ^{**)}
1.	RTH Pekarangan		
	a. Pekarangan rumah tinggal	-	√
	b. Halaman perkantoran, pertokoan, dan tempat usaha	-	√
	c. Taman atap bangunan	-	√
2.	RTH Taman dan Hutan Kota		
	a. Taman RT	√	√
	b. Taman RW	√	√
	c. Taman kelurahan	√	√
	d. Taman kecamatan	√	√
	e. Taman kota	√	-
	f. Hutan kota	√	-
	g. Sabuk hijau (<i>green belt</i>)	√	-
3.	RTH Jalur Hijau Jalan		
	a. Pulau jalan dan median jalan	√	√
	b. Jalur pejalan kaki	√	√
	c. Ruang di bawah jalan layang	√	-
4.	RTH Fungsi Tertentu		
	a. RTH sempadan rel kereta api	√	-
	b. Jalur hijau listrik teg tinggi	√	-
	c. RTH sempadan sungai	√	-
	d. RTH sempadan pantai	√	-
	e. RTH pengaman sumber air baku/ mata air	√	-
	f. Pemakaman	√	-

Sumber : Permen PU No: 05/PRT/M/2008

Catatan:

*) Hampir semua jenis RTH pada Tabel 1 di atas dapat dimanfaatkan untuk pembangunan Subreservoir Air Hujan, kecuali area pemakaman sebaiknya jangan digunakan untuk keperluan tersebut.

**) Taman lingkungan yang merupakan RTH privat adalah taman lingkungan yang dimiliki orang perseorangan/masyarakat atau swasta yang pemanfaatannya untuk kalangan terbatas.

Kolam retensi adalah prasarana drainase yang berfungsi untuk menampung dan meresapkan air hujan di suatu wilayah¹². Kolam retensi merupakan pilihan yang baik bagi pembangunan perumahan skala besar, karena ketersediaan lahan yang besar dan kebutuhan untuk menampung limpasan air. Kolam Retensi dapat dirancang untuk mempertahankan level muka air tanah dan sebagai ruang sosial, tempat wisata atau tempat rekreasi dan olahraga bagi penghuni kawasan dan masyarakat sekitar. Tetapi kolam retensi mempunyai kelemahan karena sering terjadi pendangkalan akibat lumpur atau sampah yang masuk ke dalamnya, harus dilakukan pengerukan berkala dan membutuhkan lahan yang cukup besar¹³. Selain terpapar matahari, lahan bagian atas kolam tidak bisa dimanfaatkan kecuali untuk penampungan air hujan dan kualitas air

tampungan dapat terkena pencemaran dari sistem drainase kawasan.

Koefisien Limpasan

Koefisien pengaliran (C) merupakan perbandingan antara jumlah air yang mengalir di suatu daerah akibat turunnya hujan dengan jumlah hujan yang turun di daerah tersebut (Imam Subarkah, 1980).

Koefisien pengaliran merupakan cerminan dari karakteristik daerah pengaliran dan dinyatakan dengan nilai C antara (0 – 1). Koefisien pengaliran bergantung pada banyak faktor, yaitu faktor meteorologis, faktor daerah aliran dan faktor alih fungsi lahan akibat campur tangan manusia dalam memanfaatkan ruang permukiman dan/atau ketika merencanakan tata guna lahan. Nilai C yang semakin besar atau mendekati angka 1 menunjukkan bahwa kemampuan permukaan tanah untuk meresapkan air hujan semakin rendah dan menyebabkan laju air larian semakin besar.

Dalam desain drainase kota, jika tidak ditentukan harga koefisien pengaliran daerah, maka besarnya (C) dapat ditentukan dengan pendekatan Tabel 2. Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa untuk atap rumah dan bangunan nilai C antara (0,75 – 0,95). Jalan aspal dan batu C antara 0,70 – 0,95. Jalan beton C antara (0,80 – 0,95)¹⁴.

Tabel 2 Koefisien pengaliran¹⁴ berdasarkan jenis permukaan tata guna tanah

Jenis Permukaan Tanah/ Tata Guna Tanah	Koefisien (C)
A. Rerumputan	
• Tanah pasir, slope 2%	0.05 – 0.10
• Tanah pasir, slope 2 – 7%	0.10 – 0.15
• Tanah pasir, slope 7 %	0.15 – 0.20
• Tanah gemuk, slope 2 %	0.13 – 0.17
• Tanah gemuk, slope 2 – 7%	0.18 – 0.22
• Tanah gemuk, slope 7%	0.25 – 0.35
B. Perkantoran	
▪ Pusat kota	0.75 – 0.95
▪ Daerah pinggir	0.50 – 0.70
C. Perumahan	
▪ Kepadatan 20 rumah/ha	0.50 – 0.60
▪ Kepadatan 20-60 rumah/ha	0.60 – 0.80
▪ Kepadatan 60-160 rumah/ha	0.70 – 0.90
D. Perindustrian	
▪ Industri ringan	0.50 – 0.60
▪ Industri berat	0.60 – 0.90
E. Pertanian	
	0.45 – 0.55
F. Perkebunan	
	0.20 – 0.30
G. Pertamanan dan kuburan	
	0.10 – 0.25
H. Tempat bermain	
	0.20 – 0.35
I. Jalan	
▪ Beraspal	0.70 – 0.95
▪ Beton	0.80 – 0.95
▪ Batu	0.70 – 0.85
J. Daerah yang tidak dikerjakan	
	0.10 – 0.30

Sumber : Imam Subarkah, 1980

Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit banjir yang digunakan sebagai dasar untuk merencanakan tingkat pengamanan bahaya banjir pada suatu

kawasan dengan penerapan angka-angka kemungkinan terjadinya banjir terbesar.

Dalam konteks sungai, banjir rencana secara teoritis hanya berlaku pada satu titik di suatu ruas sungai, sehingga pada sepanjang ruas sungai akan terdapat besaran banjir rencana yang berbeda.

Untuk memperoleh angka-angka kemungkinan besaran debit banjir, pada banjir yang diakibatkan oleh luapan sungai, analisis dilakukan dengan menggunakan data banjir terbesar tahunan atau curah hujan terbesar tahunan yang sudah terjadi.

Salah satu metode untuk menghitung debit banjir rencana adalah Metode Rasional^{14, 14}. Cara ini digunakan pertama kali oleh Mulvaney tahun 1847 di Irlandia. Rumus Rasional, rumus [6] telah dikembangkan sangat sederhana dan memasukkan parameter karakteristik daerah tangkapan atau daerah aliran sungai (DAS) sebagai unsur pokok dan sifat-sifat hujan atau intensitas hujan sebagai data masukan.

Jenis dan sifat parameter DAS secara keseluruhan ditampilkan sebagai koefisien limpasan. Dalam daerah perkotaan, kehilangan air relatif sedikit dan disebabkan waktu konsentrasi yang pendek, serta debit keseimbangan seringkali dicapai. Oleh karena itu Metode Rasional masih layak digunakan untuk menaksir banjir dalam wilayah kota sampai sekarang, dengan batasan-batasan tertentu. Tetapi untuk penaksiran besar debit banjir dalam daerah aliran sungai yang luas ≥ 500 hektar, Metode Rasional ini sudah kurang baik untuk digunakan.

Subreservoir Air Hujan

Teknologi Subreservoir Air Hujan pada RTH perkotaan, yang dihasilkan pada penelitian Penyusunan Kriteria Teknis Desain Subreservoir Air Hujan Pada RTH Untuk Drainase Berwawasan Lingkungan, tahun 2011 (Sarbidid, dkk) adalah kombinasi antara tampungan, resapan dan pemanfaatan air hujan dari talang atap rumah atau bangunan.

Sistem inlet subreservoir dilengkapi dengan penangkap lumpur atau kotoran dan filter kasar. Efluen subreservoir dimasukan ke dalam tangki eksplorasi untuk pemanfaatan air hujan. Efluen tangki eksplorasi dimasukan ke dalam sumur resapan air hujan untuk meresapkan kelebihan air ke dalam tanah. Dengan cara ini maka air hujan dari atap rumah atau bangunan dapat tertahan hingga mencapai 100%^{7,8}.

Subreservoir air hujan^{7,8} dapat dibangun dengan kapasitas 5 m³ sampai 65 m³. Untuk keperluan kapasitas yang besar, subreservoir dapat dibangun dalam beberapa unit secara seri atau paralel di bawah muka tanah pada lahan RTH kota atau lahan

lainnya. Oleh karena itu, alat ini dapat mereduksi genangan banjir dan konservasi air tanah.

Teknologi subreservoir air hujan merupakan “pembaharuan” dari sistem yang sudah ada. Esometrik^{7,8} subresevoar air hujan pada RTH ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Esometrik Subreservoir Air Hujan Pada RTH, tanpa skala (Modifikasi dari Sarbidid, et al, 2011)

METODOLOGI

Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan adalah data sekunder dan data primer. Data sekunder dikumpulkan dari pustaka dan data primer dari survei dan observasi pada kawasan perumahan skala besar yang telah menerapkan kolam penampungan air hujan di ruang terbuka hijau (RTH). Jenis data sebagai berikut:

- Data curah hujan (I).
Data hujan runtut waktu selama (5 – 10) tahun. Dalam penelitian ini digunakan curah hujan dengan satuan menit, jam atau harian.
- Data luas bidang tadah (A).
Data bidang tadah adalah luas total ruang terbuka hijau (RTH), luas total wilayah kota dan luas total atap rumah dan bangunan. Permukaan tanah untuk bidang tadah diasumsikan sebagian besar telah berubah menjadi kedapa air akibat alih fungsi lahan.
- Data koefisien *runoff* (C).
Kekedapan permukaan tanah di wilayah kota bervariasi dan diasumsikan relatif kedap air, dalam perhitungan digunakan nilai C = 0,5. Kekedapan atap rumah dan bangunan, jalan raya beton dan aspal mempunyai koefisien limpasan (C) antara (0,7 – 0,95). Perhitungan kapasitas subreservoir Gambar 2 dipakai nilai C = 0,8.

Metoda Analisis

1. Distribusi frekuensi hujan rencana (X_T)

Analisis distribusi frekuensi hujan rencana menggunakan Metode Distribusi Gumbel¹¹, yakni sesuai persamaan [1].

$$X_T = \bar{X} + S \times K \dots\dots\dots [1]$$

Keterangan

- X_T = hujan rencana, periode ulang T tahun
 \bar{X} = harga rerata sampel
 S = simpangan baku sampel
 K = faktor frekuensi

2. Intensitas hujan rencana (I)

Untuk data hujan satuan menit atau jam, maka analisis intensitas hujan menggunakan Rumus Talbot persamaan [2], Ishiguro persamaan [3] dan Sherman persamaan [4], yang dipilih dari hasil perhitungan dengan “Standar Deviasi Terkecil”. Sedangkan bila data hujan dalam satuan hari digunakan rumus Mononobe, persamaan [5]¹¹.

- Rumus Talbot

$$I = \frac{a}{t + b} \dots\dots\dots [2]$$

Keterangan:

- I = intensitas hujan, dalam mm/jam.
 t = durasi hujan, dalam menit atau jam.
 a dan b = tetapan

- Rumus Ishiguro

$$I = \frac{a}{\sqrt{t + b}} \dots\dots\dots [3]$$

Keterangan:

- I = intensitas hujan, dalam mm/jam.
 t = durasi hujan, dalam menit atau jam.
 a dan b = tetapan

- Rumus Sherman

$$I = \frac{a}{t^n} \dots\dots\dots [4]$$

Keterangan:

- I = intensitas hujan, dalam mm/jam.
 t = durasi hujan, dalam menit atau jam.
 a dan n = tetapan

- Rumus Mononobe

$$I = \frac{X_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3} \dots\dots\dots [5]$$

Keterangan:

- I = Intensitas hujan rencana, (mm/jam)
 X_{24} = Curah hujan harian, 24 jam, (mm)
 t = lama hujan, (jam)

3. Analisis bidang tadah (A)

- RTH ditetapkan dalam 3 (tiga) katagori, yaitu: (1) RTH 30% (luas RTH maksimum sesuai ketentuan UU No.26/2008, (2) RTH 16%

(RTH maksimal yang mungkin tersedia) dan (3) RTH 9% (RTH eksisting pada umumnya).

- Asumsi bahwa luas RTH (30% dari luas wilayah kota) dapat dimanfaatkan seluruhnya untuk membangun subresevoir air hujan.

4. Analisis debit banjir (Q)

Debit banjir dihitung dengan rumus rasional, satuan metrik seperti pada rumus [6]^{11,14}

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots [6]$$

- Q = debit banjir maksimum (m³/det)
- C = koefisien pengaliran
- I = intensitas hujan rerata selama waktu tiba banjir (mm/jam)
- A = luas daerah pengaliran (m²).

5. Perumusan hasil

Kapasitas reduksi genangan yang dihasilkan oleh subreservoir air hujan pada RTH dirumuskan sebagai berikut:

- Debit total genangan air hujan (puncak banjir) yang mungkin terjadi di lokasi (kota): $\{Q_{Kt}\}$.
- Debit total tampungan dalam subreservoir air hujan pada RTH atau debit genangan air hujan yang ditampung/diresapkan/ dimanfaatkan pada RTH: $\{Q_{RTH}\}$.
- Debit reduksi (Q_{Red}) adalah debit total tampungan dalam subresevoir pada RTH:
 $Q_{Red} = \{Q_{RTH}\}$, m³/dt atau (%).
- Debit limpasan (Q_{Limp}) dari subresevoir:
 $Q_{Limp} = \{Q_{Kt} - Q_{RTH}\}$, m³/dt atau (%).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Luas Kota dan Luas RTH

Luasa wilayah kota dan luas RTH dalam takaran 30% dari wilayah kota, prediksi 16% dan luas RTH eksisting kota Bandung, Bogor dan Jakarta ditampilkan pada Tabel 3 dan secara grafis ditampilkan pada pada Gambar 3.

Tabel 3 Luas kota dan luas RTH

No	Kota	Luas Wilayah (± Ha)	Luas RTH Kota		
			Wajib 30% (± Ha)	Prediktif ±% (Ha)	Eksisting ±% (Ha)
1.	Bandung	16.730	5.019	±16% (2.677)	±8,76% (1.465)
2.	Bogor	11.850	3.555	±34,08% (4.038)	±15,85% (1.878)
3.	Jakarta	64.895	19.469	±15,75% (10.221)	±9,78% (6.347)

Sumber : Modifikasi dari Sarbidi, et al, 2011



Gambar 3 Luas wilayah dan RTH Kota Bandung, Bogor dan Jakarta. (Modifikasi dari Sarbidi, et al, 2011).

Curah Hujan Maksimum

Indonesia mempunyai curah hujan tinggi, yaitu antara (1000 – 4000) mm/tahun¹⁵.

Curah hujan maksimum durasi 5 menitan di Kota Bandung, ± 1.715 mm/tahun (Stasiun BMKG KLS I, Jalan Cemara, tahun 2001 – 2010) ditampilkan pada grafik Gambar 4.

Curah hujan maksimum durasi 5 menitan di Kota Bogor ± 2.079,6 mm/tahun (Stasiun Darmaga, tahun 1992–2007) ditampilkan di grafik Gambar 5.

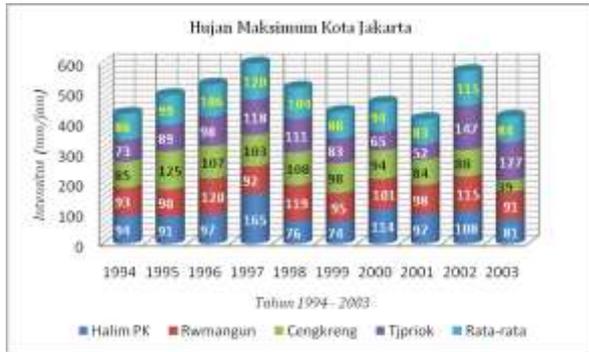
Curah hujan harian maksimum rata-rata dari 4 stasiun di Kota Jakarta, yaitu Stasiun BMKG Halim Perdanakusuma, Rawa Mangun, Tanjungpriok dan Cengkareng tahun 1994 – 2003, yang terendah ± 931 mm/tahun di Stasiun Cengkareng dan yang terbesar ± 1.014 m/tahun di Stasiun Rawa Mangun. Curah hujan ditampilkan dalam grafik Gambar 6.



Gambar 4 Curah hujan maksimum (mm/jam) Kota Bandung, Stasiun BMKG KLS 1 di jalan Cemara. (Modifikasi dari Sarbidi, et al, 2011)



Gambar 5 Curah hujan maksimum (mm/jam) Kota Bogor, Stasiun BMKG Darmaga. (Modifikasi dari Sarbidi, et al, 2011).



Gambar 6 Curah hujan maksimum (mm/hari) Kota Jakarta, 4 Stasiun BMKG. (Modifikasi dari Sarbidi, et al, 2011)

Intensitas Hujan Rencana

Dari data hujan maksimum Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6 dianalisis dengan persamaan [2], [3], [4] dan [5] dihasilkan intensitas hujan rencana untuk Kota Bandung, $I_{5,5} \pm 204$ mm/jam, Kota Bogor, $I_{5,5} \pm 345$ mm/jam dan Kota Jakarta, $I_{5,5} \pm 205$ mm/jam, seperti ditampilkan dalam grafik pada Gambar 7.

Intensitas hujan rencana dihitung dengan menggunakan data hujan runtut waktu selama 5 – 10 tahun, periode ulang 5 tahun dan durasi hujan 5 menit, koefisien air larian antara (0,75 – 0,95) dan waktu konsentrasi sesuai situasi yang tersedia. Intensitas hujan rencana digunakan untuk menentukan debit total genangan air dan kapasitas subreservoir air hujan.



Gambar 7 Intensitas hujan rencana (Modifikasi dari Sarbidi, et al, 2011)

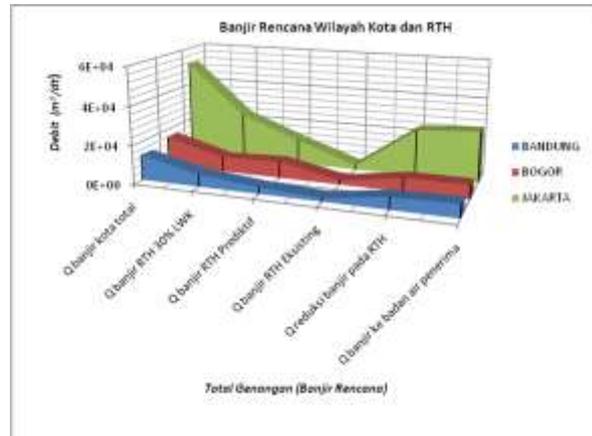
Debit Total Genangan Air (Banjir Rencana)

Debit total genangan air atau puncak banjir rencana (Q) dihitung dengan persamaan [6].

Koefisien limpasan (C) perkotaan diambil rata-rata 0,5 dan untuk subreservoir air hujan pada RTH diambil rata-rata 0,85. Luas daerah pengaliran (A) menggunakan data pada Gambar 3.

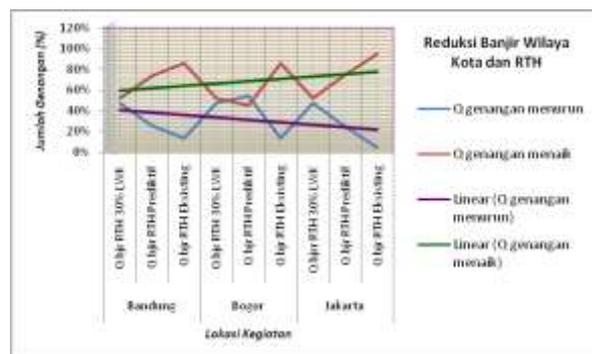
Intensitas hujan rencana ($I_{5,5}$) menggunakan data pada Gambar 7. Dengan persamaan [6] didapatkan debit total genangan air atau debit banjir rencana wilayah (Q_{Kt}) dan debit total air yang ditampung,

diresapkan dan dimanfaatkan pada RTH $\{Q_{RTH}\}$, seperti ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Debit genangan air total wilayah kota dan RTH ($m^3/detik$) lokasi kegiatan. (Modifikasi dari Sarbidi, et al, 2011)

- Reduksi genangan air (Q_{Red}) adalah total debit seluruh subreservoir RTH, yaitu: $Q_{Red} = \{Q_{RTH}\}$. Debit limpasan (Q_{Limp}) dari subreservoir air hujan adalah $Q_{Limp} = \{Q_{Kt} - Q_{RTH}\}$. Hasil perhitungan (dalam satuan %) ditampilkan dalam Gambar 9.



Gambar 9 Jumlah reduksi genangan air wilayah kota dan RTH, pada lokasi kegiatan. (Modifikasi dari Sarbidi, et al, 2011)

Keterangan:

- Prediktif : Luas RTH maksimal, yang mungkin dapat tersedia di wilayah kota (lokasi kegiatan).
- Eksisting : Luas RTH yang ada di wilayah kota (lokasi kegiatan), diperoleh saat survei lapangan.

Debit Reduksi dan Debit Limpasan RTH
Kapasitas RTH Kota Mereduksi Banjir

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada Gambar 8 diperoleh informasi bahwa semakin luas RTH kota digunakan untuk menyimpan air hujan dalam subreservoir, semakin besar debit banjir atau genangan air dapat direduksi di kawasan permukiman kota.

Pada Gambar 9 diketahui bahwa (1) apabila subreservoir air hujan dibuat pada seluruh RTH (30% dari wilayah kota), maka dapat mereduksi debit puncak banjir atau genangan air di permukiman kota hingga mencapai $\pm 48\%$

(pencegahan banjir secara preventif), (2) semakin kecil luas RTH kota yang tersedia, semakin besar kecenderungan akan terjadi genangan air hujan di permukiman kota, (3) RTH tersedia 16% (prediktif), peluang air hujan menjadi genangan banjir mencapai 74% dan bila RTH yang ada hanya 9% (eksisting), maka peluang air hujan menjadi genangan banjir mencapai lebih dari 86%.

Berdasarkan kajian pustaka^{7,8}, teknologi subreservoir air hujan pada RTH perkotaan adalah kombinasi antara 'tampungan, resapan dan pemanfaatan air hujan dari talang atap rumah atau bangunan. Efluen subreservoir dimasukkan ke dalam tangki eksplorasi selanjutnya dialirkan ke dalam sumur resapan air hujan. Dengan cara ini maka air hujan dari atap rumah atau bangunan dapat tertahan pada RTH hingga mencapai 100%, sehingga air larian yang menuju drainase kota menjadi nol persen (0%) atau *zero runoff*.

Subreservoir air hujan diteliti dan dikembangkan dalam bentuk Modul Subreservoir^{7,8} disingkat SR. SR5 artinya subreservoir kapasitas 5 m³, SR65 artinya subreservoir kapasitas 65 m³. Modul SR5 untuk luas atap antara 100 – 300 m², SR10 untuk luas atap antara 301 – 500 m², SR15 untuk luas atap antara 501 – 1000 m², SR25 untuk luas atap antara ≥ 1000 m², SR50 untuk luas atap antara 1000 - 2000 m² dan SR65 untuk luas atap antara ≥ 2000 m². Untuk kapasitas subreservoir lebih besar dari 65 m³ dapat dibangun kombinasi beberapa unit secara seri atau paralel sesuai kebutuhan.

Kesimpulan

1. Kawasan RTH (30% LWK) dapat mereduksi genangan air (puncak banjir) di permukiman kota hingga mencapai ± 48%, apabila di lahan bawahnya diterapkan subreservoir air hujan (pencegahan banjir secara preventif).
2. Subreservoir dapat diterapkan untuk konservasi air dan pengendalian air larian, karena dapat menampung dan memanfaatkan air hujan dari atap rumah atau bangun serta meresapkan ke dalam tanah, sehingga air hujan dapat tertahan di kawasan hingga mencapai 100% dan mengalir ke drainase kota nol persen (0%) atau *zero runoff*.
3. Semakin luas RTH kota yang tersedia dan semakin maksimal pemanfaatan RTH untuk penerapan subreservoir air hujan maka kecenderungan pengurangan debit banjir di permukiman semakin besar.

Saran-saran

1. Memanfaatkan RTH untuk pengendalian air larian (*runoff*) dan konservasi air, termasuk menerapkan sub-reservoir air hujan disarankan agar tidak bertentangan dengan ketentuan perundangan dan peraturan yang berlaku.

2. Bidang tadah (atap rumah/bangunan atau lainnya) dengan luas antara (100 – 1.000) m² disarankan menggunakan subreservoir modul SR5, SR10 dan SR15 dan luas bidang tadah (1.000 – 2.000) m² menggunakan modul SR25, SR50 dan luas bidang tadah = 2.000 m² menggunakan modul SR65.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pusat Litbang Permukiman, Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum yang telah memberi kesempatan dan dukungan untuk melaksanakan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Meinzen-Dick, R.S. and M.W. Rosegrant. 2001. *Overview. Overcoming Water Scarcity and Quality Constraints*. IFPRI. Washington, DC, USA.
- Ban Damme, H. 2001. *Domestic Water Supply, Hygiene, and Sanitation. Overcoming Water Scarcity and Quality Constraints*. IFPRI, Washington, DC, USA.
- Irianto, G. 2004. *Bagaimana Menanggulangi Banjir dan Kekeringan*. Tabloid Sinar Tani, 28 April 2004. Balitbang Pertanian, Jakarta.
- Heryani, Nani. 2008. *Sistem Pemanfaatan Air Hujan (rain water catchment system) Dalam Upaya Pengelolaan Air Hujan di Daerah Perkotaan*. Buletin DAS Volume 4 No 4 Tahun 2008.
- Liaw, C. 2003. *Impacts from the use of rainwater catchment systems for stormwater management in urban areas*. 'International Training Course on Rainwater Harvesting and Utilization' Gansu Research Institute for Water Conservancy. September 8 – October 22, 2003. Dalam Nani Heryani, Buletin DAS Volume 4 No 4 Tahun 2008.
- 2009. *"7th Ministers' Forum on Infrastructure Development in Asia-Pacific Region, Singapore, June 21 – 22, 2009. Country Paper*. Ditjen Sumber Daya Air Kementerian PU. 2009.
- Sarbidi. et al. 2012. *Kriteria Teknis Desain Subreservoir Air Hujan Pada Ruang Terbuka Hijau Untuk Drainase Berwawasan Lingkungan*. Prosiding Kolokium Hasil Litbang Puslitbang Permukiman, Mei 2012.
- Sarbidi. et al (Tim Pelaksana). 2011. *Penyusunan Kriteria Teknis Desain Subreservoir Air Hujan Pada RTH Untuk Drainase Berwawasan Lingkungan*. Laporan Akhir. Satker Puslitbang Permukiman, Bandung, Desember 2011.
- 2007. Undang-Undang RI No. 6 Tahun 2007 Tentang *Penataan Ruang*.
- 2008. Permen PU No.05/PRT/M/2008, *Penyediaan dan Pemanfaatan RTH di Kawasan Perkotaan*.

- Kamiana, I Made. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Cetakan Pertama. Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta, 2011.
- 2011. *Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan*. Buku Jilid IA. Dit. PLP, Ditjen Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum, 2011.
- 2011. *Kolam Retensi pada Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perumahan Bogor Nirwana Residence*. Slide presentasi PT. Duta Sarana Perkasa pada Distek Penyusunan Kriteria Teknis Desain Subrservoir Air Hujan pada RTH Perkotaan. Bandung, 28 September 2011.
- Subarkah, Imam. 1980. *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*, 1980.
- Pamungkas, Putra. 2006. *Pola Umum Curah Hujan di Indonesia*. Artikel pada <http://klsdtik.wordpress.com/2006/12/03/pola-umum-curah-hujan-di-indonesia>.