

## **METODA PENERAPAN ZERO RUN OFF PADA BANGUNAN GEDUNG DAN PERSILNYA UNTUK PENINGKATAN PANEN AIR HUJAN DAN PENURUNAN PUNCAK BANJIR Method Of Application Of Zero Run Off The Building And Yard For Improvement Rain Water Harvesting And Flood Peak Reduction**

**Sarbidi**

Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman  
Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat  
Jl. Panyawungan, Cileunyi Wetan-Kabupaten Bandung 40393  
E-mail : sarbidi.ah@gmail.com

Diterima : 16 Februari 2015; Disetujui : 28 Mei 2015

### **Abstrak**

*Bangunan dan persilnya, terutama yang atapnya luas berpotensi menghasilkan air baku, air hujan yang besar dan memicu genangan air (banjir) pada waktu musim hujan. Oleh karena itu, tata air hujan zero run off (ZRO) perlu diterapkan pada bangunan dan persilnya serta diperlukan metoda penerapannya. Tahun 2011 - 2013 telah diteliti dan diterapkan drainase kawasan berwawasan lingkungan dengan sistem tampung, resapan, manfaat dan alirkan (TRMA) kelebihan air hujan ke luar kawasan. Kajian ini dimaksudkan untuk mendapatkan metoda ZRO pada bangunan dan persilnya. Metode kajian mencakup analisis data hidrologi dan hidrolika menggunakan data pustaka dan data hasil kajian yang telah ada, diskusi dengan pakar, pembahasan dan perumusan. Hasil kajian menunjukkan dengan luas atap bangunan 714 m<sup>2</sup> diperoleh hasil : (1) metode zero run off merupakan integrasi antara intensitas hujan (I), sarana tampung (T), seperti subreservoir dan kolam retensi, resapan (R), seperti sumur resapan, manfaat (M), aliran (A) air kelebihan limpasan ke luar kawasan atau persil serta operasi dan perawatan. (2) ZRO adalah fungsi (I, T, R, M, A); (3) dipanen air hujan ± 2.382,8 m<sup>3</sup>/tahun, volume limpasan (input) dapat ditahan hingga 100% dan volume limpasan mengalir ke luar (output) sebesar nol persen atau maksimum 3%, sehingga efektif untuk peningkatan panen air hujan dan penurunan atau pengendalian puncak banjir atau air genangan.*

**Kata kunci :** *Bangunan dan persil, intensitas hujan, input, output, panen, zero run off*

### **Abstract**

*Building and yard, especially the extensive roof potentially produce rain water and trigger a large puddle of water (flood) during the rainy season. Therefore, the system of rain water zero run off (ZRO) should be applied to buildings and necessary method of applicability. Year 2011 - 2013 has been studied and applied sustainable drainage system is consisting of storage, infiltration, benefits and stream the excess rain water outside the region. This study is intended to get the ZRO method on building. The method includes the study of hydrology and hydraulics analysis of using the literature and data from existing studies, discussions with expert and formulation. Results of the study shows for the building roof area 714 m<sup>2</sup> the following result are obtained : (1) zero run-off method is integration between rainfall intensity (I), storage (S), as sub reservoir and retention ponds, infiltration (I), as infiltrated well, benefit (B), flow (F) water excess outside the regio, operation and maintenance. (2) ZRO is a function of (I, S, I, B, F); (3) harvested rain water about 2.382,8 m<sup>3</sup>/year, the volume of run off (inputs) can be detained for up to 100% and the volume of run-off flowing out (output) at zero percent or a maximum of 3%, effective for improvement rain water harvesting and flood peak reduction.*

**Keywords :** *Building and yard, rainfall intensity, input, output, harvest, zero run-off*

### **PENDAHULUAN**

Konsep *zero delta Q policy* (ZDQP) seperti dibahas pada PP Nomor 26 Tahun 2008 sudah kerap kali dibahas dalam berbagai seminar tentang sumber daya air di Kementerian Pekerjaan Umum. Ini merupakan sebuah konsep yang dikaitkan dengan upaya pengendalian banjir. Artinya setiap bangunan gedung atau kawasan harus mengelola air limpasan (*run off*) di dalam persil atau

kawasannya sendiri. Hal ini dimaksudkan agar debit limpasan yang mengalir ke luar persil atau ke luar kawasan selalu menyamai atau lebih baik dari kondisi naturalnya. Dengan kata lain, ZDQP suatu kebijakan yang mengatur harkat neraca air kawasan tetap berjalan minimal sama atau lebih baik dari kondisi alamiahnya.

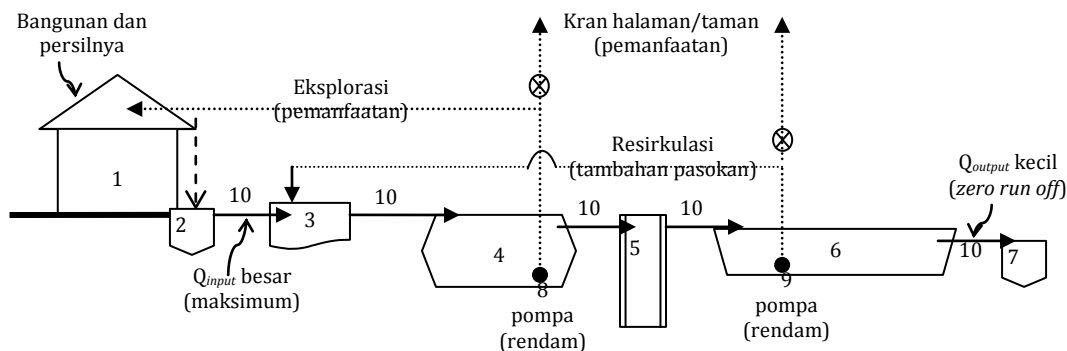
*Output* penerapan prinsip ZDQP tidak menahan *run off* tetap di dalam kawasan hingga 100% atau

mengalirkan air ke luar kawasan hingga nol persen atau *zero run off*. Oleh sebab itu, diperlukan dukungan sistem dan teknologi drainase bangunan dan persil serta kawasan agar dihasilkan *output* konsep ZDQP menjadi lebih baik, yaitu dapat mengeluarkan air limpasan ke luar kawasan sekecil-kecilnya.

Sebuah artikel dalam [www.eorinc.com](http://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* merupakan sesuatu tujuan realistis di daerah perkotaan ? Jawabannya adalah

realistis apabila tersedia ruang, lahan atau kawasan di perkotaan untuk pengelolaan air hujan.

Prototipe drainase berwawasan lingkungan ruang terbuka hijau (RTH) 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. Kondisi tersebut memenuhi persyaratan dalam drainase kota [Sarbidid, 2013], yaitu memenuhi ketentuan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 14/PRT/M/2010.



Keterangan :

1. Atap bangunan dan persilnya
2. Saluran drainase gedung dan persilnya
3. Saringan kasar horizontal (SKH)
4. Subreservoir FRP/beton (tampungan pertama)
5. Sumur resapan air hujan (recharge air tanah).
6. Kolam retensi/kolam detensi (tampungan kedua)
7. Saluran drainase jalan raya (pengaliran kelebihan)
8. Pompa eksplorasi untuk pemanfaatan (IPAM AH)
9. Pipa resirkulasi untuk tambahan pasokan air)
10. Saluran penghubung antar unit (tertutup/terbuka)

**Gambar 1.** Diagram Penerapan Zero Run Off Atau Zero Delta Q Policy Sistem Tata Air Hujan Pada Bangunan Gedung Dan Persilnya [Pusat Litbang Permukiman, 2014]. Dimodifikasi.

Bangunan dan persilnya mempunyai potensi sebagai wahana sumber air baku dari air hujan. Oleh karena itu, sangat layak dirumuskan suatu metoda penerapan tata air hujan *zero run off* di lingkungan bangunan, terutama yang mempunyai atap dan persil yang luas.

Pusat Litbang Permukiman telah melakukan penerapan drainase kawasan, yang menghasilkan air limpasan atau koefisien pengaliran (C) mengalir ke luar kawasan hingga nol persen atau *zero run off* [Pusat Litbang Permukiman tahun 2012, 2013].

Sistem tata air hujan *zero run off* yang diterapkan oleh tim Pusat Litbang Permukiman adalah fungsi dari "intensitas hujan, tampungan, resapan, manfaat dan aliran sisa *run off* keluar kawasan, seperti ditampilkan pada diagram **Gambar 1**.

Tata air hujan *zero run off* dalam Gambar 1 adalah sebagai berikut :

- 1) Air hujan dari atap dialirkan ke dalam saluran drainase bangunan, disadap dan dilewatkan pada saringan berlubang (*screen*) dan saringan kasar horizontal media batu kapur dan ditampung di dalam subreservoir [Sarbidid, 2012].
- 2) Air yang ditampung subreservoir dimanfaatkan sebagai air bersih/air minum, air baku dan kebutuhan untuk bangunan, halaman mau pun kawasan.
- 3) Air *over flow* dari subreservoir dialirkan ke dalam sumur resapan air hujan.
- 4) Air *over flow* dari unit resapan dialirkan ke dalam kolam retensi, kolam detensi, telaga dan/atau waduk dan lain-lain, sesuai ketentuan yang berlaku. Selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk sumber air baku, air minum.
- 5) Air *over flow* dari kolam retensi dan lain-lain dapat dimasukkan kembali ke unit resapan yang lain. Kelebihan air hujan dialirkan ke luar

kawasan hingga dicapai nol persen (*zero run off*) atau sesuai ketentuan yang berlaku.

- 6) Air hujan dari halaman, taman dan jalan kawasan dialirkan ke dalam saringan berlubang (*screen*) dan saringan kasar horizontal, unit resapan, kolam retensi dan sebagainya.

Bangunan gedung adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, dimana sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah dan/atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya, maupun kegiatan khusus. Sedangkan persil bangunan gedung adalah sebidang tanah dengan luasan tertentu yang menjadi milik perseorangan, badan hukum, atau negara yang diperuntukan untuk pembangunan bangunan gedung [Permen PU No. 11/PRT/2014].

Pengelolaan air hujan pada bangunan gedung dan persilnya adalah upaya dan kegiatan untuk mempertahankan kondisi hidrologi alami, dengan cara memaksimalkan pemanfaatan air hujan, infiltrasi air hujan, dan menyimpan sementara air hujan untuk menurunkan debit banjir melalui optimasi pemanfaatan elemen alam dan pemanfaatan elemen buatan. Permasalahannya, metode atau teknologi apakah yang diperlukan dalam penerapan pengelolaan air hujan *zero run off* atau ZDQP pada bangunan dan persilnya yang tepat guna?. Berdasarkan pengalaman, pengelolaan air hujan demikian itu memerlukan sarana dan prasarana penampungan, pemanfaatan, peresapan dan pengaliran kelebihan *run off* ke luar persil secara terintegrasi antar unit operasinya, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1.

Model tata air hujan pada bangunan dan persil *zero run off* (ZRO) pada Gambar 1 dikembangkan dengan konsep tampung, resap, manfaat dan alirkan (TRMA) kelebihan air limpasan (Pusat Litbang Permukiman, 2012, 2013).

Tulisan ini membahas metode penerapan pengelolaan air hujan pada bangunan dan persilnya *zero run off*. Serta menggunakan sebagian kecil data yang ada dalam konsep pedoman tata cara perencanaan tata air hujan kawasan *zero run off* [Pusat Litbang Permukiman, 2014].

## METODE

### Pengumpulan Data

Data yang diperlukan adalah data sekunder dan data primer. Data sekunder dikumpulkan dari pustaka dan data primer dari survei, observasi, konsultasi dengan nara sumber dan workshop penyusunan pedoman perencanaan tata air hujan kawasan *zero run off*. Jenis data yang dikumpulkan diantaranya :

- 1) Curah hujan rata-rata (mm) 4 - 10 tahun. Durasi hujan 5 menit, 10 menit, 15 menit, 30 menit, 60 menit dan 24 jam dan periode ulang hujan (PUH) diambil 2 tahun atau 5 tahun. Untuk tulisan ini diambil data bulan Januari sampai dengan Desember antara tahun 2002 - 2013 [Stasiun BMKG setempat].
- 2) Bidang tadah (A) adalah luas atap total dan luas persil bangunan. Untuk tulisan ini diambil data total luas atap sekitar 714 m<sup>2</sup> dan luas persil 1.500 m<sup>2</sup> [Pusat Litbang Permukiman, 2014].
- 3) Data koefisien pengaliran [Iman Subarkah, 1980], seperti atap rumah dan bangunan, jalan raya beton dan aspal diambil antara (0,7 - 0,95), sedangkan ruang terbuka hijau, taman dan halaman yang tidak kedap, C ditetapkan antara (0,20 - 0,30).
- 4) Jumlah penghuni/pegawai dalam bangunan dihitung berdasarkan proyeksi ke depan. Dalam tulisan ini, jumlah penghuni/karyawan sekitar 145 orang dan hari kerja rata-rata 20 hari setiap bulan [Pusat Litbang Permukiman, 2014].
- 5) Kebutuhan air minum dalam Liter/orang/hari, misal untuk kebutuhan air minum bangunan kantor sebesar 50 Liter/orang/hari [SNI 03-7065-2005]. Kebutuhan air minum lainnya 5 Liter/orang/hari dan kehilangan air ditetapkan 20% x total pemakaian air minum.
- 6) Topografi persil atau kawasan ditentukan dari peta topografi skala 1 : 5000 s/d 1 : 25000 [Dit. PLP, DJCK, 2011] atau pengukuran langsung di lapangan dan juga peta situasi rencana sistem drainase kawasan. Dari data diketahui bangunan ada pada elevasi tertinggi dan melandai ke ruang hijau dan taman, air limpasan dapat mengalir secara gravitasi.
- 7) Geohidrologi ditentukan berdasarkan pada peta skala 1 : 5000 s/d 1 : 25000 [Dit. PLP, DJCK, 2011] dan/atau pengamatan muka air sumur yang ada di sekitar persil. Berdasarkan

data muka air sumur diketahui bahwa muka air rata-rata berada pada kedalaman  $\geq 5$  m dan tekstur tanah berupa pasir kelanauan, layak untuk menampung dan meresapkan air hujan.

**Analisis Data**

Untuk analisis data digunakan rumus-rumus sbb :

1) Konsumsi air minum

Adalah pemakaian air minum dikalikan jumlah pengguna dan hari efektif, ditambah kebutuhan lain dan kehilangan air, seperti persamaan(1) :

$$V_{am} = [(S_{am} \times P \times H_k) + K_{al}] + L_{am} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- Vam : Volume konsumsi air minum rata-rata setiap bulan pada bangunan, (m<sup>3</sup>)
- Sam : Standar pemakaian air minum bangunan gedung/terminal/stasiun, (L/orang/hari)
- P : Jumlah penghuni/pegawai (orang)
- Hk : Jumlah hari kerja efektif menggunakan air minum untuk kantor diambil 20 hari
- Kal : Kebutuhan air lainnya, (m<sup>3</sup>/bulan)
- Lam : Kehilangan air minum maksimum 20%

2) Volume hujan rata-rata atap bangunan.

Volume hujan rata-rata atap dianalisis dengan rumus (2) :

$$V_{ir} = A x i_r x 10^{-3} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan : [Pusat Litbang Permukiman, 2014]

- Vir : Volume hujan rata-rata pada atap bangunan, (m<sup>3</sup>)
- A : Luas atap bangunan, (m<sup>2</sup>)
- Ir : Hujan rata-rata setiap bulan, (mm)

3) Volume tampungan pada subreservoir dan kolam retensi/kolam detensi.

Volume tampungan air hujan rata-rata dari atap atau drainase bangunan di dalam subreservoir dan kolam retensi/detensi dianalisis dengan rumus (3) :

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = V_i - V_o \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan : [Pusat Litbang Permukiman, 2014].

- $\frac{\Delta S}{\Delta t}$  : Volume tampungan rata-rata dalam waktu  $\Delta t$ , (m<sup>3</sup>)
- Vi : Volume aliran masuk (inflow) rata-rata selama  $\Delta t$  dari atap/bidang tadah, (m<sup>3</sup>)
- Vo : Volume aliran keluar (outflow) rata-rata selama  $\Delta t$  setelah pemanfaatan, (m<sup>3</sup>)

Catatan :

- Subreservoir menampung air hujan, terutama dari atap atau drainase bangunan
- Kolam retensi menampung air hujan, terutama dari *overflow* sumur resapan dan persil bangunan.

Kolam retensi dilengkapi dengan, antara lain :

- Pelimpah (*outlet*) berupa terowongan atau saluran tertutup serta ambang terbuka dan pintu air kolam retensi.
- Atap rangka besi setengah lingkaran (*dome*) ditutup dengan tanaman rambat.
- Pempa air mancur (untuk kolam tanpa atap).

4) Intensitas hujan persil pada bangunan.

*Distribusi frekuensi hujan (X<sub>T</sub>)*

Frekuensi hujan harian dapat dianalisis dengan rumus Gumbel (4) dalam IM Kamiana, 2011 dan Suyono S, Kensaku T, 1993 :

$$X_T = \bar{X} + S x K \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

- X<sub>T</sub> : Hujan rencana, periode ulang T tahun
- $\bar{X}$  : Harga rerata sampel
- S : Simpangan baku sampel
- K : Faktor frekuensi

*Intensitas hujan (I)*

Intensitas hujan harian dapat dianalisis dengan rumus Mononobe (5) [IM Kamiana, 2011 dan Suyono S, Kensaku T, 1993] :

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

Keterangan :

- I : Intensitas hujan rencana, (mm/jam)
- X<sub>24</sub> : Curah hujan harian, 24 jam, (mm)
- t : Lama hujan, (jam)

*Debit dan volume limpasan maksimum*

Debit limpasan maksimum dianalisis dengan rumus (6) dan data intensitas pada rumus (5), koefisien pengaliran komposit (C<sub>k</sub>) dan luas bidang tadah (A) persil bangunan. Volume maksimum dianalisis dengan rumus (7) [IM Kamiana, 2011] :

$$Q_{max} = 0,278 C.I.A \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

- Q<sub>max</sub> : Debit rencana, (m<sup>3</sup>/detik)
- C : Koefisien pengaliran dipengaruhi jenis bidang tadah yang ada
- I : Intensitas hujan maksimum, (mm/jam)
- A : Total luas bidang tadah, (km<sup>2</sup>)

$$V_{Km} = Q_{max} x t_c \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

- V<sub>Km</sub> : Volume kolam maksimum, (m<sup>3</sup>)
- Q<sub>max</sub> : Debit kolam maksimum, (m<sup>3</sup>/detik)
- t<sub>c</sub> : Waktu konsentrasi (jam atau menit) bisa dianalisis dengan kurva (S Hindarko, 2002) atau menggunakan rumus (8), (9) dan (10) [IM Kamiana, 2011] :

$$t_c = t_o + t_d \dots\dots\dots (8)$$

$$t_o = \left\{ \frac{2}{3} \times 3.28 L_o \left( \frac{nd}{\sqrt{S}} \right) \right\}^{0.167} \dots\dots\dots (9)$$

$$t_d = \frac{L_o}{60V} \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan :

- t<sub>c</sub> : Waktu konsentrasi aliran mulai dari tetes air hujan jatuh pada titik terjauh bidang tadah sampai penampang hilir yang ditinjau, (menit atau detik)
- t<sub>o</sub> : Waktu konsentrasi aliran mulai dari tetes air hujan jatuh pada titik terjauh dari bidang tadah sampai hulu saluran terdekat, (menit atau detik)
- t<sub>d</sub> : Waktu konsentrasi aliran mulai dari hulu saluran sampai penampang hilir yang ditinjau, (menit atau detik)
- L<sub>o</sub> : Jarak titik terjauh ke saluran, (m)
- S : Perbedaan tinggi elevasi dan panjang (L<sub>o</sub>)
- nd : Koefisien permukaan bahan sesuai dengan ketentuan SNI 03-342 -1994
- V : Kecepatan aliran, (m/detik)

5) Peresapan air hujan ke dalam tanah

Peresapan air hujan menggunakan sumur resapan air hujan sesuai ketentuan berikut :

- Sumur resapan air hujan dapat dibuat dengan kedalaman minimal 500 cm dan diameter 100 cm atau sesuai dengan ketentuan SNI 03-2543-2002.
- Kedalaman sumur resapan dapat juga ditetapkan berdasarkan kedalaman muka air tanah dangkal setempat atau dalaman muka air sumur gali di sekitar lokasi.

6) Pemanfaatan air hujan

Pemanfaatan air hujan memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- Air yang ditampung di dalam subreservoir *fiber reinforced plastic* (FRP) dan beton dimanfaatkan (eksplorasi) untuk air baku instalasi pengolahan air hujan untuk air minum (IPAMAH) dan *tap potable water*, air cadangan damkar air untuk penyiraman taman, dan lain-lain [Pusat Litbang Permukiman 2012, 2013].
- Air hujan ditampung di dalam kolam retensi dimanfaatkan untuk menambah cadangan air baku (resirkulasi) lagi ke dalam subreservoir, untuk air mancur, taman air, kolam ikan, penyiraman dan sebagainya atau diolah tersendiri, dengan teknik saringan kasar horizontal [Wagelin M, 1986] dan saringan pasir lambat [SNI 3981 :2008].
- Recharge air tanah atau konservasi air tanah [Pt.T-15-2000-C, 2000].

7) Pengaliran air hujan kelebihan

Air hujan kelebihan yang akan dialirkan, terutama berasal dari *overflow* kolam retensi atau unit lainnya. Dalam pengaliran ini berlaku hukum-hukum hidrolika berikut :

- Jenis dan bahan serta koefisien kekasaran saluran, sesuai standar berlaku.
- Debit air dalam saluran dianalisis dengan rumus Manning (11) dan (12) :

$$Q = \frac{1}{n} AR^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (11)$$

$$A = R \times P \dots\dots\dots (12)$$

Keterangan :

- Q : Debit air di saluran (m<sup>3</sup>/det)
- V : Kecepatan aliran dalam saluran (m/det)
- A : Luas penampang basah (m<sup>2</sup>)
- R : Jari-jari hidraulik (m)
- S : Kemiringan dasar saluran (m)

- Penampang saluran terbaik ditetapkan dengan rumus berikut :  
Saluran persegi empat dengan rumus (13) dan (14) [Ven Te Chow, 1959] :

$$A = b \times y \dots\dots\dots (13)$$

$$b = 2 \times y \dots\dots\dots (14)$$

Keterangan :

- A : Luas penampang basah saluran (m<sup>2</sup>)
- y : Kedalaman air terbaik (m)
- b : Lebar bawah trapesium (m)

Penampang trapesium dengan rumus (15) dan (19) [Ven Te Chow, 1959] :

$$A = y^2 \sqrt{3} \dots\dots\dots (15)$$

$$P = 2y\sqrt{3} \dots\dots\dots (16)$$

$$R = \frac{1}{2} y \dots\dots\dots (17)$$

$$b = \frac{2}{3} y\sqrt{3} \dots\dots\dots (18)$$

$$B = \frac{4}{3} y\sqrt{3} \dots\dots\dots (19)$$

Keterangan :

- A : Luas penampang basah saluran, (m<sup>2</sup>)
- y : Kedalaman air terbaik, (m)
- P : Keliling basah saluran, (m)
- R : Jari-jari hidrolis, (m)
- b : Lebar bawah trapesium (m)
- B : Lebar atas trapesium, (m)

- Tinggi jagaan (*freeboard*).  
*Freeboard* dianalisis dengan rumus (20) [CIDA, 1994] :

$$f = \sqrt{C_f y} \dots\dots\dots (20)$$

Keterangan :

- f : Tinggi jagaan (*freeboard*), (m)
- y : Kedalaman air, (m)
- C<sub>f</sub> : Koefisien, tergantung debit (Q)  
Untuk Q < 60 m<sup>3</sup>/detik, maka nilai C<sub>f</sub> = 1,5  
Untuk Q = 85 m<sup>3</sup>/detik, maka nilai C<sub>f</sub> = 2,5

8) Peralatan mekanikal-elektrikal dan asesories. Peralatan mekanikal-elektrikal terdiri atas :

- Pompa eksplorasi dari subreservoir ke instalasi pengolahan air minum, air hujan (IPAMAH) dan pompa resirkulasi dari kolam retensi ke SKH. Tenaga pompa dihitung dengan rumus (21)[Suripin, 2004] :

$$P = \frac{Q \times H}{100 \times \eta_p \times \eta_m} \dots \dots \dots (21)$$

Keterangan :

- P : Daya listrik yang dibutuhkan (Watt)
- Q : Debit air yang dipompakan (m<sup>3</sup>/detik)
- H : Kehilangan tekanan (m)
- η<sub>o</sub> : Efisiensi pompa (75-85%)

- Panel-panel listrik dan kabel.
- Radar atau water level control (WLC) untuk otomatisasi operasional pompa.
- Kran, aksesoris pipa, terjunan, pintu air, dsb.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Konsumsi Air Minum Pada Bangunan**

Konsumsi air minum dianalisis menggunakan rumus (1) dan data-data sebagai berikut :

- Standar kebutuhan air minum untuk bangunan gedung kantor adalah = 50 Liter/orang/hari (SNI 03-7065-2005).
- Jumlah karyawan yang membutuhkan air minum diperkirakan 145 orang.
- Hari kerja efektif 20 hari per bulan.
- Kehilangan air (*water losses*) ditetapkan 20% dari perkiraan kebutuhan total air minum.
- Dengan menggunakan rumus (1) dihasilkan konsumsi air minum untuk bangunan kantor, seperti ditampilkan pada Tabel 1.

Merujuk pada Tabel 1 diketahui konsumsi air minum bangunan, setiap bulan rata-rata 180 m<sup>3</sup>.

**Volume Tampungan, Manfaat, Resapan Dan Aliran Kelebihan Air Hujan**

Volume air hujan yang dihasilkan oleh luas atap 714 m<sup>2</sup> dan hujan rata-rata antara tahun 2002 – 2013 dan dianalisis dengan rumus (2) dan rumus (3), diperoleh volume air hujan yang perlu ditampung di dalam subreservoir dan kolam retensi dan diresapkan ke dalam sumur resapan serta dimanfaatkan untuk air minum. Hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 2 dan volume tampungan pada Gambar 2.

Dari Tabel 2 dan Gambar 2 diketahui bahwa guna menjamin ketersediaan air sepanjang tahun dan tercapai *zero run off* diperlukan hal-hal berikut :

- Potensi air hujan kumulatif sepanjang tahun, yang jatuh pada atap-atap bangunan gedung antara 235,3 m<sup>3</sup> s.d 2.382,8 m<sup>3</sup> dan kebutuhan air minum kumulatif antara 180 m<sup>3</sup> s.d 2.160 m<sup>3</sup> dan dapat dipanen air hujan ± 2.382,8 m<sup>3</sup>/tahun.
- Surplus air hujan pada Januari, Maret, April, Mei, Juni, Juli, Nopember dan Desember ditampung di dalam subreservoir, kolam retensi/kolam detensi untuk menutupi defisit (kebutuhan) air pada bulan Februari, Agustus, September dan Oktober (musim kemarau) dan diresapkan ke dalam sumur atau parit resapan untuk konservasi air tanah.
- Diperlukan tampungan air hujan dengan volume minimal 80 m<sup>3</sup>, untuk memenuhi kebutuhan air minum pada bangunan gedung.

**Tabel 1** Hasil Analisis Konsumsi Air Minum (AM) Bangunan

Data	Satuan	Nilai	Hasil
Pegawai	(org)	145	-
Standar AM	(L/org/hari)	50	-
Hari kerja	(hari/bulan)	20	-
Kebutuhan AM kantor	(m <sup>3</sup> /bl)	145 x 50 x 20	145
Lainnya	(m <sup>3</sup> /bl)	5	5
Total AM	(m <sup>3</sup> /bl)	145 + 5	150
<i>Losses</i>	(m <sup>3</sup> /bl)	20% x 150	30
Konsumsi air minum	(m <sup>3</sup> /bl)	150 + 30	180

Sumber : Tata Air Hujan Kawasan *Zero Run Off* (Pusat Litbang Permukiman 2014), dengan modifikasi

Keterangan :

- AM = air minum;
- org = orang.

**Tabel 2** Hasil Analisis Potensi Air Hujan Dan Konsumsi Air Minum Penerapan Tata Kelola Air Hujan Pada Bangunan Dan Persilnya Untuk *Zero Run Off*

No	Bulan	Total Curah Hujan (mm/tahun)	Curah Hujan Rata-rata (mm/bulan)	Potensi Hujan Rata-rata Atap (m <sup>3</sup> )	Total Konsumsi Air Minum (m <sup>3</sup> )	Potensi Hujan Rata-rata Kumulatif (m <sup>3</sup> )	Konsumsi AM Kumulatif (m <sup>3</sup> )	Defisit/Surplus Air Hujan (m <sup>3</sup> )
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	Januari	3955,5	329,6	235,3	180	235,3	180	55,3
2	Februari	1895,6	158,0	112,7	180	348,0	360	-12,0
3	Maret	3358,4	279,9	199,8	180	547,8	540	7,8
4	April	3741,9	311,8	222,6	180	770,3	720	50,3
5	Mei	3152,1	262,7	187,5	180	957,8	900	57,8
6	Juni	2476,5	206,4	147,3	180	1105,1	1080	25,1
7	Juli	2700,3	225,0	160,6	180	1265,7	1260	5,7
8	Agustus	2425,9	202,2	144,3	180	1410,0	1440	-30,0
9	September	2940,0	245,0	174,9	180	1584,9	1620	-35,1
10	Oktober	3393,4	282,8	201,8	180	1786,7	1800	-13,3
11	Nopember	4881,0	406,8	290,3	180	2077,0	1980	97,0
12	Desember	5141,2	428,4	305,8	180	2382,8	2160	222,8

Sumber : Pusat Litbang Permukiman 2014, dengan modifikasi

Keterangan :

Kolom (3) : data hujan rata-rata antara tahun 2002 – 2013 stasiun BMKG Kota Tanjungpinang

Kolom (4) : kolom (3) dibagi 12 bulan

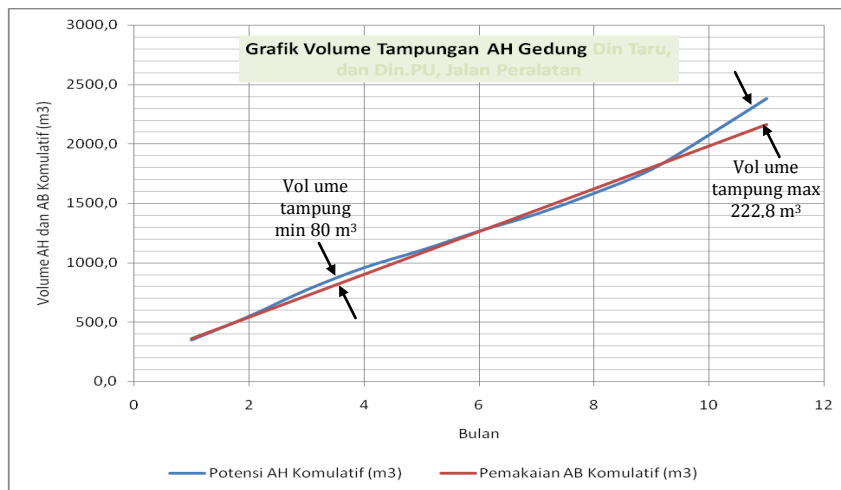
Kolom (5) : volume hujan rata-rata dari luas atap ± 714 m<sup>2</sup> yang dihitung dengan rumus (1)

Kolom (6) : konsumsi air minum rata-rata per bulan pada bangunan, sesuai analisis (Tabel 1)

Kolom (7) : akumulasi potensi air hujan dari atap (Januari s/d Desember)

Kolom (8) : akumulasi konsumsi air minum pada bangunan (Januari s/d Desember)

Kolom (9) : defisit/surplus (potensi air hujan) rata-rata yang memerlukan tampung, resap, manfaat dan alirkan (TRMA) kelebihanannya ke luar persil bangunan. Dari kolom (9) diketahui bahwa agar dicapai *zero run off* perlu ditampung dan diresapkan volume air hujan sekitar 222,8 m<sup>3</sup>/tahun di dalam unit subreservoir, sumur resapan dan kolam retensi.



**Gambar 2** Grafik Potensi AH (m<sup>3</sup>) vs Pemakaian AB (m<sup>3</sup>) Setiap Tahun Pada Bangunan Gedung [Pusat Litbang Permukiman, 2014], dengan modifikasi

- Diperlukan sarana TRMA dengan kapasitas sebesar 222,8 m<sup>3</sup> atau 223 m<sup>3</sup>, untuk memenuhi tata air hujan bangunan gedung dan persilnya *zero run off*. Volume air hujan tersebut dapat ditampung di dalam 3 unit subreservoir masing-masing 30 m<sup>3</sup>, ditampung dan diresapkan di dalam 6 unit sumur resapan diameter 100 cm dan kedalaman 500 cm serta ditampung di dalam satu unit kolam retensi kapasitas 110 m<sup>3</sup>.
- Diperlukan saringan (*screen*) pada *inlet* sadapan dan ruang penangkap sedimen serta

saringan kasar media batu kapur (*marmer*) untuk menjaga atau meningkatkan kualitas air hujan.

- Diperlukan suatu tim pelaksanaan teknis dan biaya operasi pemeliharaan (OP) untuk menjamin kontinuitas pemanfaatan air hujan selalu optimal.

**Intensitas Dan Debit Hujan Maksimum**

Sarana tata air hujan pada persil bangunan *zero run off* diterapkan dengan curah hujan maksimum. Hasil analisis ditampilkan pada Tabel 3.

**Tabel 3** Analisis Statistik Hujan Maksimum

No	Tahun	Xi	(Xi- $\bar{x}$ )	(Xi- $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>
1	2004	427,9	-70,26	4936,47
2	2005	426,6	-71,56	5120,83
3	2006	874,2	376,04	141406,08
4	2007	636	137,84	18999,87
5	2008	472,5	-25,66	658,44
6	2009	394,7	-103,46	10703,97
7	2010	409,3	-88,86	7896,10
8	2011	499,9	1,74	3,03
9	2012	282,5	-215,66	46509,24
10	2013	558	59,84	3580,83
N=10	$\Sigma$	4981,6	-	239814,84
Rata-raya	( $\bar{x}$ )	498,2	-	-
Stdev	S	163,24	-	-

Dengan menggunakan hasil analisis Tabel 3 dan metode analisis frekuensi Gumbel, rumus (4) diperoleh intensitas hujan harian berikut :

$$X_5 = \bar{X} + S \times K = 498,2 + 163,24 \times 1,0018 = 661,69 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan durasi hujan 5 menit, periode ulang hujan (PUH) 5 tahun dan analisis intensitas hujan Mononobe, rumus (5) dihasilkan intensitas hujan maksimum rencana ( $I_{5,5}$ ) berikut :

$$I_{5,5} = \frac{X_{24}}{24} \left[ \frac{24}{t_c} \right]^{0,67} = \frac{661,69}{24} \left[ \frac{24}{5/60} \right]^{0,67} = 1225,28 \text{ mm/jam}$$

Luas bidang tadah atap bangunan (A) = 714 m<sup>2</sup> = 0,000714 km<sup>2</sup>, koefisien pengaliran atap (C) = 0,95 dan intensitas hujan maksimum ( $I_{5,5}$ ) = 1225,28 mm/jam. Menggunakan rumus (6) didapatkan debit maksimum atap ( $Q_m$ ) :

$$Q_m = 0,278 C I A = 0,278 \times 0,95 \times 1225,28 \times 0,000714 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q_m = 0,23105 \text{ m}^3/\text{det}$$

Luas persil bangunan sekitar 1.500 m<sup>2</sup> = 0,0015 km<sup>2</sup>, koefisien pengaliran persil komposit ( $C_k$ ) = 0,25 dan intensitas hujan maksimum ( $I_{5,5}$ ) = 1225,28 mm/jam didapatkan debit maksimum ( $Q_m$ ) limpasan persil bangunan = 0,0128 m<sup>3</sup>/det.

Jadi debit maksimum yang didapatkan dari atap bangunan dan persilnya = (0,23105 + 0,0128) m<sup>3</sup>/det = 0,24385 m<sup>3</sup>/det.

Volume hujan maksimum yang terjadi pada persil bangunan dianalisis dengan data hasil pengukuran (untuk tulisan ini) sebagai berikut :

- (1) Jarak antara atap gedung hingga ke ujung drainase = 25 m.
- (2) Jarak dari ujung drainase ke inlet saringan kasar atau subreservoir = 180 m.

(3) Kecepatan air mengalir, V = 1,5 m/detik.

(4) Kemiringan dasar, S = 0,0016.

(5) Permukaan atap dan saluran drainase licin dan kedap air, nd = 0,020.

Menggunakan rumus (7), (8), (9) dan rumus (10) didapatkan volume maksimum air hujan ( $V_m$ ) sebagai berikut :

$$t_o = \left[ \frac{2}{3} \times 8,20 \times 25 \left( \frac{0,02}{0,0016} \right) \right]^{0,167} = 3,47 \text{ menit}$$

$$t_d = \frac{180}{60 \times 1,5} = 2 \text{ menit}$$

$$t_c = t_o + t_d$$

$$t_c = 3,47 + 2 = 5,47 \text{ menit} = 328,2 \text{ det}$$

$$Vol = Q_m \times t_c = 0,24385 \times 328,2 \text{ det}$$

$$Vol = 80,0032 \text{ m}^3 = 80 \text{ m}^3$$

Berdasarkan perhitungan ini diketahui bahwa kejadian hujan maksimum akan memungkinkan tambahan volume air hujan sebesar 80 m<sup>3</sup>. Jadi total volume kumulatif air hujan (Tabel 2) sebesar 2382,8 m<sup>3</sup> + 80 m<sup>3</sup> = 2.462,6 m<sup>3</sup>/tahun. Kaitan dengan penerapan *zero run off* dapat diambil solusi teknis sebagai berikut :

- Volume sarana TRMA diperbesar, yaitu : (a) jumlah umur resapan air hujan (SRAH)  $\varnothing$  100 cm, kedalaman 500 cm ditambah 4 unit ekuivalen volume tampungan sebesar 16 m<sup>3</sup> dan ditambah 1 unit subreservoir 65 m<sup>3</sup> atau (b) volume kolam retensi atau detensi diperbesar hingga menjadi = 110 m<sup>3</sup> + 80 m<sup>3</sup> = 190 m<sup>3</sup>. Dengan cara ini maka air limpasan yang dikeluarkan dari bangunan dan persilnya diperoleh sebesar nol persen atau *zero run off*.
- Volume air hujan maksimum 80 m<sup>3</sup> dialirkan seluruhnya ke luar persil bangunan. Sehingga air hujan yang dialirkan ke luar persil hanya = (80/2.462,6) x 100% = 3%/tahun.

### Pengaliran Air Hujan

Merujuk pada pembahasan data dan informasi Tabel 2 dan Gambar 2 diketahui bahwa intensitas atau debit hujan rata-rata dari atap bangunan dan persilnya dapat ditahan di dalam sarana TRMA hingga mencapai 100% atau air hujan yang mengalir ke luar persil hingga nol persen.

Pengaliran air hujan mulai dari saluran drainase bangunan dan persilnya hingga ke kolam retensi atau di dalam seluruh unit sarana TRMA dihitung berdasarkan data debit hujan maksimum, sebesar = 0,24385 m<sup>3</sup>/det.

Pengaliran dapat menggunakan saluran tertutup atau saluran terbuka terbaik [Ven Te Chow, 1959].

Penentuan dimensi saluran pengaliran air hujan tersebut sebagai berikut :

- Saluran tertutup

Debit maksimum ( $Q_m$ ) = 0,24385 m<sup>3</sup>/detik dialirkan melalui saluran tertutup dan diambil kecepatan air,  $V = 2$  m/dt, maka diameter saluran tertutup untuk pengaliran air hujan kelebihan sebagai berikut :

$$A = Q/V = 0,24385 / 2 = 0,122 \text{ m}^2$$

$$A = 0,25 \pi \varnothing^2, \text{ (dimana } \varnothing = \text{ diameter saluran).}$$

$$\varnothing = [A/(0,25 \pi)]^{0,5} = 0,39 \text{ m} = 39,1 \text{ cm}$$

$$\varnothing = 15 \text{ inci.}$$

- Saluran terbuka persegi empat, terbaik

$Q = 0,24385$  m<sup>3</sup>/detik. Untuk contoh ini diambil kecepatan aliran,  $V = 2,5$  m/detik dan lebar dasar saluran,  $b = 0,20$  m. Menggunakan rumus (13) dan rumus (14) dihasilkan dimensi saluran pengaliran air kelebihan persegi empat berikut :

$$A = Q/V = 0,24385 / 2,5 = 0,0975 \text{ m}^2 = 0,09 \text{ m}^2.$$

Penampang saluran persegi empat terbaik :

$$A = b \times y \text{ dan } b = 2y, \text{ maka } A = 2y^2$$

$$y = [A/2]^{0,5} = 0,21 \text{ m} = 21 \text{ cm.}$$

$$b = 42 \text{ cm.}$$

Persamaan (20), *freeboard*,  $f = (c_f \times y)^{0,5}$ .

Untuk  $Q < 60$  l/dt, nilai  $c_f = 1,5$  maka diperoleh  $f = 5,6 \text{ cm} \approx 10 \text{ cm}$ .

- Saluran terbuka trapesium, terbaik

$Q = 0,24385$  m<sup>3</sup>/detik berada antara 0,00 - 0,75 m<sup>3</sup>/detik, maka kemiringan talud saluran adalah 1 : 1 atau  $z = 1$  dan ditetapkan nilai  $S = 0,0016$ ,  $n = 0,025$ . Menggunakan rumus (11), (12) dan (15) s.d. rumus (19) dihasilkan dimensi saluran pengaliran trapesium sebagai berikut :

$$0,024385 = \frac{1}{0,025} (y^2 \sqrt{3}) \left( \frac{1}{2} y \right)^{2/3} (0,0016)^{1/2}$$

$$0,02485 = 1,7417 y^{8/3}$$

$$0,01327 = y^{8/3}, \text{ maka } y = 0,198 \text{ m} = 0,2 \text{ m} = 20 \text{ cm.}$$

Penampang saluran trapesium terbaik :

Kedalaman air :  $y = 20 \text{ cm}$ .

$$\text{Lebar bawah} : b = \frac{2}{3} y \sqrt{3} = 0,23 \text{ m} = 23 \text{ cm.}$$

$$\text{Lebar atas} : B = \frac{4}{3} y \sqrt{3} = 0,46 \text{ m} = 46 \text{ cm.}$$

$$\text{Freeboard} : f = (1,5 \times 20)^{0,5} = 5,5 \text{ cm} \\ \text{dipasang } 10 \text{ cm}$$

### Debit Pompa Untuk IPAM AH

- Pompa eksplorasi pada subreservoir dan pompa resirkulasi pada kolam retensi/kolam detensi direncanakan dengan ketentuan : debit konsumsi = 180 m<sup>3</sup>/bulan = 0,069 L/detik = 0,1 L/dt, total tinggi tekanan = 20 m,  $\eta_o = 75\%$ . Selanjutnya dianalisis dengan rumus (21) diperoleh daya listrik pompa sebagai berikut :

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H}{\eta_o} = \frac{1000 \times 0,5 \times 20}{0,75} = 2.666,67 \text{ Watts}$$

$$P = 35,56 \text{ HP}$$

- Untuk keperluan pemompaan sebaiknya dipasang 2 unit pompa *submersible* : 1 unit pompa eksplorasi dan 1 unit pompa resirkulasi, masing-masing 36 HP dan *head* minimal 20 m, dilengkapi peralatan antara lain : panel listrik, *water level control* (WLC) atau radar, *roof tank* dan IPAM AH atau saringan air rumah tangga (SARUT) media pasir dan batu marmer.

Digunakan sarana TRMA berupa 8 unit SRAH diameter 100 cm kedalaman 500 cm, 3 unit subreservoir FRP masing-masing dengan volume 30 m<sup>3</sup> dan 1 unit subreservoir bervolume 10 m<sup>3</sup>, kolam retensi atau detensi dengan volume 118 m<sup>3</sup>, pengaliran air dengan saluran tertutup dan 2 pompa *submersible* masing-masing 36 HP. Maka potensi air hujan kumulatif adalah antara 235,3 m<sup>3</sup>/tahun hingga 2.382,8 m<sup>3</sup>/tahun yang jatuh pada luas atap bangunan 714 m<sup>2</sup> dan persil 1.500 m<sup>2</sup> dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air minum kumulatif berkisar antara 180 m<sup>3</sup>/tahun hingga 2.160 m<sup>3</sup>/tahun dan dapat dicapai kondisi tata air hujan *zero run off* pada bangunan dan persilnya.

Secara rutin sarana TRMA digunakan untuk sarana tampungan, resapan dan pengaliran air hujan rata-rata harian dapat memanen air hujan  $\pm 2.382,8$  m<sup>3</sup>/tahun, tetapi harus dapat juga digunakan untuk tata kelola debit hujan maksimum sebesar = 0,24385 m<sup>3</sup>/det. Untuk itu diperlukan diameter saluran terbuka sekitar 15 inci atau saluran persegi empat terbaik dengan ukuran kedalaman air 21 cm, lebar saluran 42 cm dan *freeboard* 10 cm atau saluran trapesium terbaik dengan kedalaman air = 20 cm, lebar bawah = 23 cm, lebar atas = 46 cm dan *freeboard* dipasang = 10 cm.

### Neraca Air

Potensi, eksplorasi dan resirkulasi air hujan pada bangunan gedung dan persilnya yang dibahas di atas dihasilkan model neraca air seperti ditampilkan pada Tabel 4.

Neraca air tersebut dianalisis berdasarkan data potensi volume hujan rata-rata kumulatif dan volume hujan kumulatif yang dimanfaatkan selama

satu tahun serta data hujan maksimum yang terjadi dalam setahun.

**Tabel 4** Neraca Air Pada Bangunan Dan Persilnya

No.	Jenis Curah Hujan	Volume Input/Potensi Air Hujan (m <sup>3</sup> /th)	Pemanfaatan Air Hujan (m <sup>3</sup> /th)	Tampungan/Resapan (unit x volume), (m <sup>3</sup> /th)			Volume Output/Outflow Keluar (m <sup>3</sup> /th)	Keterangan
				Subreservoir	Sumur Resapan	Kolam Retensi		
1.	Curah hujan rata-rata	2.382,8	2.160	3x30 = 90	6x4 = 24	1x110 = 110	0	0% (ZRO)
2.	Curah hujan maksimum	(1) 80	0	1x65 = 65	4x4 = 16	0	0	0% (ZRO)
		(2) 80	0	0		1x80 = 80	0	0% (ZRO)
		(3) 80	0	0	0	0	80	maks 3%

Sumber : Hasil Analisis. Saribidi, 2015

Keterangan :

Total potensi air hujan = (2.382,8 + 80) m<sup>3</sup>/tahun = 2.462,8 m<sup>3</sup>/tahun

(1), (2), (3) : alternatif solusi pengaturan sarana TRMA untuk mendapatkan neraca air yang diinginkan.

Berdasarkan Tabel 4 diketahui penerapan TRMA di atas dapat dihasilkan; (1) volume input maksimum 2.462,8 m<sup>3</sup>/tahun panen air hujan dan volume output maksimum 80 m<sup>3</sup>/tahun. (2) dihasilkan kondisi pengaliran air hujan kelebihan (*outflow*) sebesar nol persen atau maksimum 3% ke luar kawasan, efektif pengendalian puncak banjir.

Berdasarkan uraian di atas diperoleh formulasi dan/atau teori bahwa tata air hujan bangunan dan persilnya dan/atau kawasan *zero run off* (ZRO) dipengaruhi oleh fungsi-fungsi dari intensitas hujan (I), jenis dan volume sarana tampungan (T), resapan (R), manfaat (M) dan aliran (A) air hujan kelebihan keluar kawasan, yang diringkaskan dengan :

ZRO = fungsi (I, T, R, M, A)

Keterangan :

- *I* : Intensitas curah hujan rata-rata dan maksimum, (4 – 10) tahun, data *time series*.
- *T* : Akumulasi kapasitas air hujan yang akan ditampung dalam setahun (pada subreservoir, kolam retensi, dan sebagainya) dan direncanakan sesuai kondisi setempat.
- *R* : Akumulasi kapasitas air hujan yang diresapkan ke dalam tanah (pada sumur resapan dan sebagainya) dan direncanakan sesuai daya resap tanah dan muka air tanah setempat, sesuai standar perencanaan sumur resapan.
- *M* : Kapasitas air hujan yang akan dimanfaatkan, dapat direncanakan sesuai intensitas hujan rata-rata, luas bidang tadah (atap bangunan, luas lahan dan lain-lain) dan konsumsi air minum.
- *A* : Sisa *run off* yang akan dialirkan ke luar kawasan layanan, dapat direncanakan hingga *zero run off*, *zero delta Q policy* atau *zero run off growth*, sesuai keperluan.

Kualitas air hujan yang mengalir di dalam sarana ZRO harus selalu dalam keadaan baik. Untuk itu, diperlukan saringan (*screen*), pada *inlet* sadapan dan ruang penangkap sedimen serta saringan kasar media batu kapur (*marmer*) sebelum unit subreservoir.

Air yang tertampung di dalam kolam retensi seyogyanya tidak terpapar oleh sinar matahari. Untuk itu, diberi atap konstruksi *dome* dan ditanami dengan tanaman rambat. Sehingga lebih hijau, asri serta turut mencegah polusi debu dan pertumbuhan ganggang pada air kolam.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Metoda penerapan tata air hujan di bangunan dan persilnya *zero run off* (ZRO) dirumuskan sebagai fungsi dari intensitas hujan (I), jenis dan volume sarana tampungan (T), resapan (R), manfaat (M) dan aliran (A) air hujan kelebihan keluar kawasan atau disingkat dengan formula :  $ZRO = \text{fungsi } (I, T, R, M, A)$ .

Sarana TRMA terdiri atas subresevoir air hujan, sumur resapan, instalasi pengolahan air minum air hujan (IPAM AH), kolam retensi/kolam detensi, sarana pengaliran saluran terbuka terbaik atau tertutup, pompa dan peralatan mekanikal elektrik lainnya dan beroperasi dalam satu kesatuan terintegrasi.

Untuk bidang atap bangunan seluas 714 m<sup>2</sup>, penerapan sarana TRMA dapat menampung-resapkan potensi air hujan kumulatif 2.462,8 m<sup>3</sup>/tahun, memanen air hujan sebesar 2.382,8 m<sup>3</sup>/tahun, memenuhi konsumsi air minum kumulatif 2.160 m<sup>3</sup>/tahun. Disamping itu, sarana tersebut menyediakan air baku untuk lainnya, membantu konservasi air tanah dan dapat menahan air limpasan hingga 100% atau air hujan ke luar kawasan hingga nol persen (*zero run off*) atau maksimal 3% per tahun, sehingga efektif untuk peningkatan panen air hujan (*rain water harvesting*) dan penurunan atau pengendalian puncak banjir atau air genangan.

### Saran

Penerapan *zero run off* pada bangunan dan persilnya selalu berkaitan dengan curah hujan dan karakteristik kawasan disarankan agar mengikuti ketentuan-ketentuan analisis hidrologi, hidrolika, hidrogeologi dan tata guna lahan eksisting setempat.

Sistem *zero run off* merupakan bagian dari drainase dan pengelolaan sumber daya air disarankan agar memperhatikan ketentuan pengelolaan sumber daya air dan sistem drainase setempat.

Penerapan *zero run off* dapat menciptakan debit air limpasan yang mengalir ke luar kawasan atau pun badan air penerima sangat sedikit atau nol, sehingga boleh jadi akan mengganggu tata air eksisting, disarankan agar memperhatikan penerapan kebijakan *zero delta Q policy*.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pengarah dan nara sumber atas dukungannya, yaitu :

- Prof. Dr. Ir. Anita Firmanti, MT. Kepala Pusat Litbang Permukiman atas upayanya menciptakan program, mengarahkan dan mengevaluasi pelaksanaan kegiatan, sejak tahun 2011 hingga tahun 2014.
- Ir. Stefanus Hindarko, Dilp. HE. Konsultan senior dan penulis buku-buku drainase kota dan selaku nara sumber sejak tahun 2011 – 2014 dan telah banyak memberikan masukan yang sangat berguna.
- Prof. Ir. Iwan Kridasantausa, MSc. PhD. Ketua Program Teknik Pengelolaan Sumber Daya Air, ITB dan nara sumber, yang telah mengoreksi teori dan rumus-rumus yang digunakan dalam penyusunan R0 Tata Cara Perencanaan Tata Air Hujan Kawasan *Zero Run Off* tahun 2014.

### DAFTAR PUSTAKA

- CIDA. 1994. Urban Drainage Guidelines and Technical Design Standards.
- Dit. PLP, DJCK. 2011. Pedoman Penyusunan Master Plan Drainase Perkotaan. Dit. PLP, Ditjen Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum.
- Imam Subarkah. 1980. Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air.
- I Made Kamiana. 2011. Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air. Cetakan Pertama. Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Peraturan Pemerintah RI Nomor 26 Tahun 2008 tentang Rencana tata ruang dan wilayah nasional.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 14/PRT/M/2010 tentang Standar Pelayanan Minimal Bidang Pekerjaan Umum Dan Penataan Ruang. Kementerian Pekerjaan Umum.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 11/PRT/M/2014 tentang Pengelolaan air hujan pada bangunan gedung dan persilnya. Kementerian Pekerjaan Umum.
- Pusat Litbang Permukiman (Tim Pelaksana). 2011. Penyusunan Kriteria Teknis Desain Subreservoir Air Hujan Pada RTH Untuk Drainase Berwawasan Lingkungan. Laporan Akhir. Satker Pusat Litbang Permukiman, Bandung, Desember 2011.
- Pusat Litbang Permukiman (Tim Pelaksana). 2012. Pengembangan Sistem Drainase Permukiman Perkotaan Ramah Lingkungan, Laporan Akhir. Satker Pusat Litbang Permukiman, Bandung, Desember 2012.
- Pusat Litbang Permukiman (Tim Pelaksana). 2013. Penerapan Sistem Drainase Dan Sanitasi Lingkungan - Penerapan Subreservoir, Sanitasi Dan Sumur Resapan. Laporan Akhir. Satker Pusat Litbang Permukiman, Bandung, Desember 2013.
- Pusat Litbang Permukiman (Tim Pelaksana). 2014. Tata Cara Perencanaan Tata Air Hujan Kawasan Untuk Zero Run off (R0). Satker Pusat Litbang Permukiman, Bandung, Desember 2014.
- Pt.T-15-2000-C. (2000). Penerapan Drainase Berwawasan Lingkungan Di Kawasan Permukiman. Departemen Pekerjaan Umum.
- Pd.T-02-2006-B. (2006). Perencanaan Sistem Drainase Jalan. Departemen Pekerjaan Umum.
- 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. (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. (2013). Aplikasi Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan Zero Run Off Pada Kawasan Permukiman. *Jurnal Permukiman* Vol. 8 No. 3 November 2013. ISSN : 1907-4352.
- S, Hindarko. (2000). *Drainase Perkotaan - Seri Lingkungan Hidup*. Edisi-kedua. Penerbit ESHA Jakarta 2000.
- Suyono Sosrodarsono, Kensaku Takeda. (1993). *Hidrologi Untuk Pengairan*. Cetakan ke-7. Penerbit PT. Pradnya Paramita. Jakarta 1993.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Edisi-kesatu, Penerbit ANDI Yogyakarta, 2004
- SNI 03-3424-1994. (1994). *Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan*. Badan Standar Nasional.
- SNI 03-2453-2002. (2002). *Tata Cara Perencanaan Teknik Sumur Resapan Air Hujan untuk Lahan Pekarangan*. Badan Standar Nasional.
- SNI 03-7065-2005. (2005). *Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing*. Badan Standar Nasional.
- SNI 3981 :2008. (2008). *Perencanaan Instalasi Saringan Pasir Lambat*. Badan Standar Nasional.
- Ven Te Chow. (1959). *Hidrolika Saluran Terbuka*. Terjemahan. Penerbit Erlangga, Jakarta 1985.
- Wegelin, M. (1986). *Horizontal Flow Roughing Filtration. A Design, Contruction and Operation Manual*. IRCWD, Switzerland, 1986.