

ISBN 978-602-1582-12-1



# PROSIDING SEMINAR NASIONAL KONSEPSI #2

*(Konsep & Implementasi 2)*

Fakultas Teknik, Universitas Warmadewa

8 Oktober 2016

**Infrastruktur-Bangunan-Konstruksi**  
*Berbasis Lingkungan Kepariwisataaan  
Berkearifan Lokal*

Diterbitkan oleh :  
Warmadewa University Press



**Revisi** : 1. Dr.es.Sc.tech. Ir. Ahmad Rifa'i, M.T.  
2. Prof. Dr. Ir. I Wayan Runa, M.T.  
3. Dr. Ir. I Gusti Agung Putu Eryani, M.T.  
4. Dr. Ir. I Wayan Parwata, M.T.

**Tempat dan Waktu Terbitan** : Perpustakaan Nasional Republik Indonesia  
**Prosiding Seminar Nasional Konsepsi #2 (Konsep dan Implementasi 2) Fakultas Teknik Universitas Warmadewa**  
**Infrastruktur – Bangunan – Konstruksi: Berbasis Lingkungan Kepariwisata Berkearifan Lokal**  
Denpasar, 2016, x, 220 halaman, 21.5x29.7 Cm

ISBN 978-602-1582-12-1



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
UU RI No. 19 Tahun 2002

**Editor** : I Kadek Merta Wijaya, S.T., M.Sc.  
**Desain Sampul** : A.A. Gede Raka Gunawarman, S.T., M.T.  
**Cetakan Pertama** : Oktober 2016  
**Penerbit** : Warmadewa University Press

**Alamat Redaksi:**

Jalan Tempong No. 24, Gedung D Lantai 2,

Tanjung Bungkak, Denpasar 80234, Bali

Telp. (0361) 223858

Fax. (0361) 225073

Web: [www.warmadewa.ac.id](http://www.warmadewa.ac.id)

E-mail: [univ-warmadewa@yahoo.co.id](mailto:univ-warmadewa@yahoo.co.id)



**Panitia**  
**Seminar Nasional Konsepsi #2 (Konsep dan Implementasi 2)**  
**Fakultas Teknik Universitas Warmadewa**  
**“Infrastruktur – Bangunan – Konstruksi: Berbasis Lingkungan**  
**Kepariwisata Berkearifan Lokal”**

**Pelindung:**

Ketua Yayasan Kesejahteraan KORPRI Provinsi Bali:

**Dr. Drs. A. A. Gede Wisnumurti, M.Si.**

Rektor Universitas Warmadewa:

**Prof. dr. Dewa Putu Widjana, DAP&E.Sp.Park.**

Dekan Fakultas Teknik Universitas Warmadewa:

**Prof. Dr. Ir. I Wayan Runa, M.T.**

**Penanggung Jawab:**

Ketua Seminar Nasional Konsepsi #2:

**Ir. Putu Gede Suranata, M.T.**

Wakil Ketua Seminar Nasional Konsepsi #2:

**Putu Aryastana, S.T., M.Eng., M.Si.**

**Komite Pelaksana:**

Ni Wayan Meidayanti Mustika, S.T., M.T.

A.A. Sg. Dewi Rahadiani, S.T., M.T

Ir. I Ketut Nudja S., M.T.

Ir. Cok Agung Yujana, M.T.

I Kadek Merta Wijaya, S.T., M.Sc.

Ir. A. A. Rai Asmani K., M.T.

Ni Komang Armaeni, S.T., M.T.

I Wayan Widanan, S.T., MPM.





### C. Konsep Perencanaan Struktur/Konstruksi Berbasis Lingkungan Kepariwisata

1. Analisis Fasilitas Pejalan Kaki Sebagai Koreksi Terhadap Penurunan Kinerja Lingkungan Jalan di Kawasan Kota Tua Ampenan..... 91 – 99  
*I. A. O. Suwati Sideman*
2. Konsep Perencanaan Bangunan *Jetty* untuk Penataan Kawasan Muara Sungai dan Pantai Berbasis Lingkungan..... 100 – 109  
*I Gusti Agung Putu Eryani*
3. Indeks Ancaman Gerakan Tanah dengan Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk Penataan Infrastruktur Kepariwisata di Kawasan *Geopark* Gunung Batur, Kabupaten Bangli..... 110 – 120  
*I Nengah Sinarta, Ahmad Rifa'i, Teuku Faisal Fathani, Wahyu Wilopo*
4. Kajian Pengoperasian Angkutan Antar Jemput Siswa Sekolah Menengah Pertama pada Koridor Jalan Gunung Agung Denpasar..... 121 – 129  
*D.A.N. Sriastuti*
5. Kajian Pemanfaatan Daerah Sempadan Sungai di Tukad Mati..... 130 – 139  
*Putu Aryastana*
6. Tata Kelola Wilayah dan Daya Dukung Lingkungan Kepariwisata di Wilayah Hutan Mangrove..... 140 – 149  
*I Ketut Irianto*
7. Konservasi Sumber Daya Air Perkotaan Berbasis Pemanenan Air Hujan Guna Mewujudkan Ketahanan Air Berkelanjutan (Studi Kasus: Kota Denpasar)..... 148 – 159  
*Putu Doddy Heka Ardana*

### D. Implementasi Perencanaan Struktur/Konstruksi Berbasis Lingkungan Kepariwisata

1. Bata Ringan Perva dari Limbah Kertas - Cassava Sebagai Dinding Interior Bangunan..... 160 – 169  
*FX. Bambang Suskiyatno*
2. Pengaruh Dinding Pengisi Pada Bangunan Rumah Sederhana..... 167 – 176  
*N.K.A. Agustini*
3. Daur Ulang Limbah Cair Laundry Rumahan Sebagai Salah Satu Upaya Konservasi Sumber Daya Air..... 180 – 189  
*A.A. Sagung Dewi Rahadiani, Cok. Agung Yujana*



## KONSERVASI SUMBERDAYA AIR PERKOTAAN BERBASIS PEMANENAN AIR HUJAN GUNA MEWUJUDKAN KETAHANAN AIR PERKOTAAN BERKELANJUTAN (STUDI KASUS : KOTA DENPASAR)

<sup>1</sup>Putu Doddy Heka Ardana

### Abstrak

Pemanenan air hujan (*rain water harvesting*) adalah salah satu bentuk konservasi sumber daya air alternatif yang dapat diterapkan di daerah perkotaan. Pemanenan air hujan (PAH) merupakan cara yang digunakan untuk mengumpulkan dan menyimpan air hujan dari atap rumah, atap gedung atau di permukaan tanah pada saat hujan. Sebagai salah satu sumber air bersih, pemanfaatan air hujan dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan kelangkaan air bersih, mengurangi volume air limpasan hujan dan mengisi kembali air tanah terutama di perkotaan.

Pesatnya pertumbuhan penduduk di Kota Denpasar yakni sebesar 1,97% per tahun yang memicu konsekuensi bahwa terjadi penurunan debit air tanah karena konsumsi yang berlebihan dan diperparah dengan pengurangan lahan tangkapan air hujan karena banyak lahan terbuka di konversi menjadi areal bangunan yang berdasarkan data untuk Kota Denpasar sebesar 1,99% per tahunnya.

Dalam penelitian ini mencoba menganalisis secara deskriptif kuantitatif permasalahan air di Kota Denpasar dengan menerapkan solusi alternatif berupa PAH. Berdasarkan hasil analisis, *supply* air tambahan yang dihasilkan apabila seluruh rumah penduduk di Kota Denpasar menerapkan teknik konservasi dengan teknik Pemanenan Air Hujan (*Roof Top Rain Water Harvesting*) yaitu sebanyak 31.026.083 m<sup>3</sup>/tahun dapat memenuhi sekitar 82,02% dari total kebutuhan air domestik penduduk Kota Denpasar per tahunnya apabila asumsi luas atap yang digunakan 100 m<sup>2</sup>. Sedangkan apabila digunakan asumsi luas atap yang lebih kecil (50 m<sup>2</sup>), teknik konservasi ini dapat memenuhi sekitar 41,01% dari total kebutuhan air domestik penduduk Kota Denpasar. Dengan tambahan *supply* air seperti tersebut akan dapat menambah cadangan air selama 2 (dua) sampai 3 (tiga) bulan ke depan dan dapat mengurangi beban PDAM di dalam memasok air untuk masyarakat. Melihat dari hal tersebut tentu sudah dapat disimpulkan bahwa teknik konservasi dengan teknik PAH efektif diterapkan di Kota Denpasar dalam upaya mendukung ketahanan air perkotaan berkelanjutan.

**Kata Kunci:** konservasi, pemanenan air hujan, hujan, debit, ketahanan air, berkelanjutan

### A. Pendahuluan

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup. Pelestarian sumberdaya air yang dalam hal ini seringkali disebut konservasi sumberdaya air, baik secara kualitatif maupun kuantitatif masih kurang mendapat perhatian. Secara kualitatif pencemaran sumberdaya air oleh manusia semakin tinggi, dan secara kuantitatif kebutuhan air semakin besar sedangkan jumlah sumberdaya air relatif tetap sehingga tidak mencukupi kebutuhan masyarakat. Permasalahan air yang melanda Indonesia pada umumnya dan Provinsi Bali pada khususnya seharusnya dapat menggugah kesadaran dan kepedulian masyarakat untuk bersama-sama melakukan konservasi sumberdaya air secara berkelanjutan guna mewujudkan suatu ketahanan air, salah satunya dengan menampung air hujan sebanyak-banyaknya.

Konservasi sumberdaya air dalam arti penghematan dan penggunaan kembali (*reuse*) menjadi isu yang cukup penting di semua wilayah tidak terkecuali di area perkotaan. Termasuk didalamnya adalah Kota Denpasar sebagai ibukota Provinsi Bali. Dengan semakin pesatnya pertumbuhan penduduk dan meningkatnya konversi lahan di wilayah perkotaan, menjadi konsekuensi bahwa permintaan air bersih akan bertambah. Selain air bersih yang dipasok oleh PDAM, masyarakat juga

<sup>1</sup>Putu Doddy Heka Ardana, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Ngurah Rai, doddyhekaardana@gmail.com



menggunakan air tanah dimana kondisi pengambilan air tanah dewasa ini sudah sangat berlebihan yang menimbulkan kelangkaan air tanah. Dalam kondisi seperti ini, alternatif sumber air seperti pemanfaatan air hujan perlu dipertimbangkan sebagai suatu pilihan menarik yang murah dengan kuantitas yang melimpah.

Kota Denpasar sebagai ibukota Provinsi Bali, yang memiliki luas wilayah seluas 127,78 km<sup>2</sup>, telah mengalami perkembangan pembangunan dan penambahan penduduk yang luar biasa pesat dari tahun ke tahun. Secara geografis Kota Denpasar berada pada 8°35'31" - 8°44'49" Lintang Selatan dan 115°10'23" - 115°16'27" Bujur Timur yang berbatasan dengan Kabupaten Badung di sebelah Utara dan Barat, sedangkan di sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Gianyar dan di sebelah Selatan berbatasan dengan Selat Badung (BPS, 2016). Kurang lebih 1,97% penduduk tiap tahun bertambah dan tata guna lahan pemukiman juga mengalami peningkatan 1,99% per tahun (BPS, 2015). Hal ini memberikan dampak berkurangnya daya dukung lahan dan akumulasi masalah lingkungan terutama terkait aspek sumberdaya air, seperti tidak imbangnya air pada saat musim kemarau dan musim hujan, permasalahan banjir, krisis ketersediaan air baku, pencemaran air dan penurunan muka air tanah..

Pada musim hujan terjadi kelebihan air di beberapa titik di Kota Denpasar yang sebagian besar berada di Denpasar Barat dan Denpasar Selatan. Kelebihan air pada dasarnya diakibatkan oleh berkurangnya lahan resapan air hujan, yang diakibatkan oleh perubahan tata guna lahan yang dominan dialihfungsikan sebagai bangunan pemukiman. Pada saat musim kemarau, wilayah Kota Denpasar juga merasakan dampak kekurangan dan menurunnya debit air, hal ini diakibatkan oleh terbatasnya sumber daya air yang dapat dimanfaatkan dan kapasitas layanan PDAM juga terbatas. Oleh karena itu, kebanyakan dari masyarakat menggunakan sumur bor sebagai jalan keluar terbebas dari krisis air. Melihat dari masalah tersebut tentu perlu diantisipasi terhadap eksploitasi air tanah yang berlebihan apabila tidak ada sumber air tambahan yang dapat menyuplai kebutuhan masyarakat. Berdasarkan dari masalah yang dipaparkan maka perlu adanya pemikiran pencegahan sebagai upaya untuk mendukung keberlanjutan sumberdaya air dengan cara/bentuk tindakan konservasi sumberdaya air.

Air hujan merupakan sumber air yang berkualitas tinggi dimana tersedia setiap musim hujan dan berpotensi untuk mengurangi tekanan terhadap pemakaian sumber air bersih (*fresh water sources*). Penampungan air hujan yang berasal dari atap rumah biasanya merupakan alternatif air terbersih yang dapat digunakan sebagai sumber air bersih dan hanya membutuhkan pengolahan yang sederhana sebelum air digunakan. Berdasarkan data meteorologi dan klimatologi, wilayah Denpasar memiliki rata-rata curah hujan tahunan yang cukup tinggi yakni sebesar 1741 mm yang cenderung terdistribusi merata sepanjang tahun tanpa ada perbedaan yang mencolok antara musim hujan dan musim kemarau. Dengan adanya tambahan potensi seperti itu konservasi sumberdaya air berbasis pemanenan air hujan (*rainwater harvesting*) dengan memanfaatkan atap bangunan umumnya dapat menjadi alternatif dalam memperoleh sumber air bersih yang membutuhkan sedikit pengolahan sebelum digunakan untuk keperluan manusia.

Seiring dengan permasalahan-permasalahan di atas dan terdapat metode alternatif untuk menjaga ketahanan air, maka dipandang perlu melakukan penelitian tentang efektifitas penerapan PAH di Kota Denpasar yang merupakan kota di Bali dengan tingkat kepadatan penduduk tertinggi serta tata guna lahan yang umumnya diperuntukkan sebagai pemukiman.

## B. Gambaran Umum PAH

### 1. Pemanenan Air Hujan (*Rain Water Harvesting*)

Pemanenan air hujan (PAH) merupakan metode atau teknologi yang digunakan untuk mengumpulkan air hujan yang berasal dari atap bangunan, permukaan tanah, jalan atau perbukitan batu dan dimanfaatkan sebagai salah satu sumber suplai air bersih (UNEP, 2001; Abdulla et al., 2009 dalam Anie Yulistyorini, 2011).



Beberapa keuntungan penggunaan air hujan sebagai salah satu alternatif sumber air bersih adalah sebagai berikut (1) meminimalisasi dampak lingkungan: penggunaan instrumen yang sudah ada (atap rumah, tempat parkir, taman, dan lain-lain) dapat menghemat pengadaan instrumen baru dan meminimalisasi dampak lingkungan. Selain itu meresapkan kelebihan air hujan ke tanah dapat mengurangi volume banjir di jalan-jalan di perkotaan setelah banjir; (2) lebih bersih: air hujan yang dikumpulkan relatif lebih bersih dan kualitasnya memenuhi persyaratan sebagai air baku air bersih dengan atau tanpa pengolahan lebih lanjut; (3) kondisi darurat: Air hujan sebagai cadangan air bersih sangat penting penggunaannya pada saat darurat atau terdapat gangguan sistem penyediaan air bersih, terutama pada saat terjadi bencana alam. Selain itu air hujan bisa diperoleh di lokasi tanpa membutuhkan sistem penyaluran air; (4) sebagai cadangan air bersih: pemanenan air hujan dapat mengurangi ketergantungan pada sistem penyediaan air bersih; (5) sebagai salah satu upaya konservasi; dan (6) pemanenan air hujan merupakan teknologi yang mudah dan fleksibel dan dapat dibangun sesuai dengan kebutuhan. Pembangunan, operasional dan perawatan tidak membutuhkan tenaga kerja dengan keahlian tertentu. Selain beberapa keuntungan di atas, terdapat sejumlah keterbatasan dalam pemanenan air hujan.

Sebelum mengembangkan sistem pemanenan air hujan, faktor-faktor berikut perlu dipertimbangkan (1) luas daerah tangkapan hujan dan kapasitas penyimpanan seringkali berukuran kecil atau terbatas, dan pada saat musim kering yang panjang tempat penyimpanan air mengalami kekeringan; (2) pemeliharaan sistem pemanenan air hujan lebih sulit dan jika sistem tidak dirawat dengan baik dapat berdampak buruk pada kualitas air hujan yang terkumpul; (3) pengembangan sistem pemanenan air hujan yang lebih luas sebagai salah satu alternatif sumber air bersih dapat mengurangi pendapatan perusahaan air minum; (4) sistem pemanenan air hujan biasanya bukan merupakan bagian dari pembangunan gedung dan tidak/jarang ada pedoman yang jelas untuk diikuti bagi pengguna atau pengembang; (5) pemerintah belum memasukkan konsep pemanenan air hujan dalam kebijakan pengelolaan sumber daya air dan masyarakat belum terlalu membutuhkan instrumen pemanenan air hujan di lingkungan tempat tinggalnya; (6) tangki penyimpanan air hujan berpotensi menjadi tempat berkembangbiaknya serangga seperti nyamuk; (7) curah hujan merupakan faktor yang penting dalam operasional sistem pemanenan air hujan. Wilayah dengan musim kering yang lebih panjang maupun dengan curah hujan yang tinggi membutuhkan alternatif sumber air atau tempat penampungan yang relatif besar (UNEP, 2001 dalam Anie Yulistyorini, 2011).

## 2. Komponen PAH

Panen air hujan merupakan proses penangkapan dan penyimpanan air hujan dengan berbagai tujuan, irigasi, domestik dan pengisian kembali air tanah. Pada aplikasi dengan skala kecil, panen air hujan dapat dibuat sederhana dengan menyalurkan air hujan dari atap yang tidak menggunakan talang langsung menuju sebuah daerah lansekap dengan memanfaatkan kontur pada daerah lansekap tersebut. Sistem yang lebih kompleks meliputi talang, saluran pengelontor air hujan pertama (*first flush diverters*), pipa, penampungan, penyaring, pompa dan unit pengolahan air (Susana, 2012)

Komponen Dasar dari sistem ini tergantung dengan kerumitan sistem tersebut. Namun secara umum, sistem panen air hujan domestik memiliki enam komponen Dasar (Susana, 2012), yaitu:

### 1. Permukaan daerah tangkapan air hujan

Atap bangunan merupakan pilihan sebagai area penangkapan hujan. Jumlah air yang dapat ditampung dari sebuah atap tergantung dari material atap tersebut, dimana semakin baik material permukaan semakin halus.

2. Talang dan pipa *downspout*

Menangkap dan menyalurkan air hujan yang melimpas dari atap menuju penampungan. Material yang biasanya dipakai pada unit ini adalah PVC, vynil dan *galvanized steel*.

3. Saringan daun dan saluran pengelontor air hujan (*first flush diverters*) serta pencuci atap (untuk pengadaan air baku)

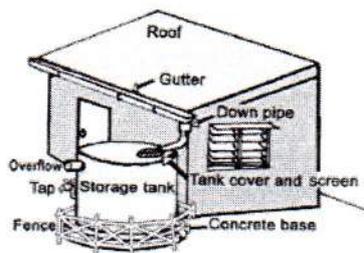
Komponen penghilang kotoran dari air yang ditangkap oleh permukaan penangkap sebelumnya menuju penampungan. Umumnya sebelum air hujan masuk ke dalam penampungan air hujan yang pertama kali turun dialirkan terlebih dahulu melalui saluran pengelontor air hujan pertama (*first flush diverters*). Karena air hujan yang pertama kali jatuh membasahi atap membawa berbagai kotoran, zat kimia berbahaya, dan beberapa jenis bakteri yang berasal dari sisa-sisa organisme.

4. Bak/unit penampung

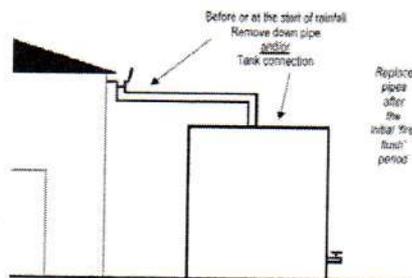
Bagian ini merupakan bagian termahal dalam sistem panen air hujan. Ukuran dari unit penampungan ditentukan oleh berbagai faktor, antara lain : persediaan air hujan, permintaan kebutuhan air, lama musim kemarau, penampung area penangkap, dan dana yang tersedia.

5. Pemurnian dan penyaringan air

Komponen ini hanya dipakai pada sistem panen air hujan sebagai sumber air minum.



Gambar 1.  
 Sistem pemanenan air hujan  
 Sumber : Luke (2005)



Gambar 2.  
 Simple down pipe first flush device  
 Sumber : Luke (2005)

Dari paparan gambar di atas dapat diketahui bahwa pada umumnya komponen - komponen utama konstruksi tampungan air hujan untuk tambahan kebutuhan air domestik, terdiri dari : atap rumah, saluran pengumpul (*collector channel*), pipa pembuang pertama (*first flush pipe*), pipa turun/menju bak penampung (*down pipe*), filter untuk menyaring daun-daun atau kotoran lainnya yang terangkut oleh air, dan bak/tangki penampung air hujan.

**C. Metodologi**

Metode analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif. Analisis dilakukan untuk menghitung dan mendeskripsikan efektifitas pemanenan air hujan di Kota Denpasar. Data yang diperlukan dalam penelitian ini berupa data sekunder. Data sekunder diperoleh dari instansi terkait berupa data dari Dinas Bina Marga dan Pengairan Provinsi Bali (data curah hujan minimal 10 tahun terakhir dan dalam penelitian ini digunakan 3 (tiga) stasiun hujan), data debit aliran sungai yang berpengaruh besar di Kota Denpasar yakni sungai atau Tukad Badung yang didapat dari Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Bali dan data kependudukan (jumlah penduduk, tata guna lahan, dll) didapat dari Kantor Badan Pusat Statistik (BPS). Dari data-data tersebut kemudian

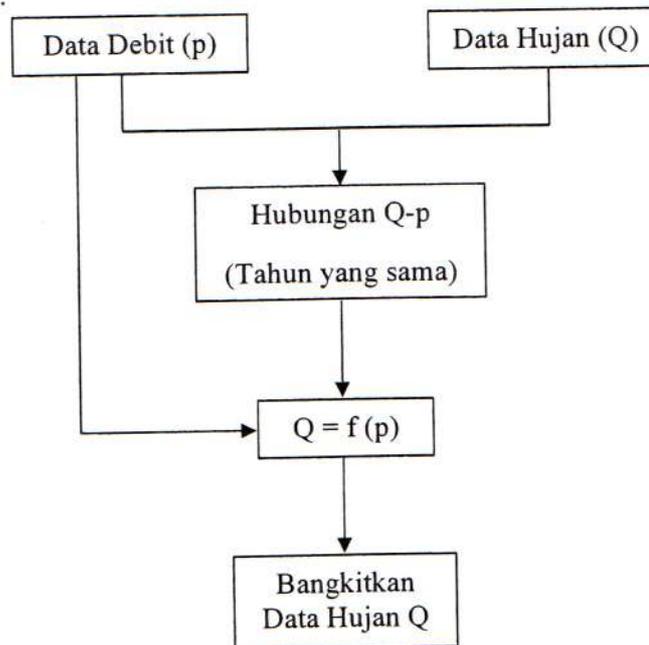


dianalisis untuk memperoleh hasil evaluasi terhadap efektifitas PAH dalam menyuplai tambahan air untuk rumah tangga.

### Analisis Hidrologi

#### Melengkapi Data hujan

Dalam praktek di lapangan sering dijumpai data hujan yang tidak lengkap. Untuk mengisi data hujan yang hilang pada penelitian ini digunakan metode penurunan data hujan berdasar data debit. Ada beberapa metode untuk mendapatkan hubungan antara data debit dan data hujan, di antaranya adalah model regresi, model Mock, model tangki, dsb (Triatmodjo, 2008:306). Di dalam penelitian ini digunakan metode persamaan regresi non linier polynomial untuk membangkitkan data hujan berdasarkan data debit.



Gambar 3.  
Penurunan data hujan berdasar data debit

#### Uji Konsistensi (RAPS)

Data yang diperoleh dari stasiun hujan perlu diuji karena ada kemungkinan data tidak pangkah akibat alat pernah rusak, alat pernah berpindah tempat, lokasi alat terganggu, atau data tidak sah. Uji kepanggaan dalam penelitian ini dilakukan dengan cara RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*). Bila  $Q/\sqrt{n}$  yang didapat lebih kecil dari nilai kritik untuk tahun dan *confidence level* yang sesuai, maka data dinyatakan pangkah. Dengan rumusan :

$$S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}) \quad (1)$$

dengan  $k = 1, 2, 3, \dots, n$

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{D_y} \quad (2)$$



$$D_y^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{n} \quad (3)$$

dengan :

$Y_i$  = data hujan ke- $i$

$\bar{Y}$  = data hujan rerata - $i$

$D_y$  = deviasi standar

$n$  = jumlah data

Untuk uji kepangghahan digunakan cara statistik :

$Q = \text{maks } S_k^{**}, 0 \leq k \leq n$ , atau  $R = \text{Maksimum } S_k^{**}, \text{ minimum } S_k^{**}, \text{ dengan } 0 \leq k \leq n$

### Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah

Analisis data curah hujan dimaksudkan untuk memperoleh besar curah hujan daerah yang diperlukan untuk perhitungan curah hujan rancangan. Pada penelitian ini digunakan metode untuk perhitungan curah hujan rerata yaitu dengan metode *Poligon Thiessen*.

Cara ini didasarkan atas cara rata-rata timbang (*weight average*). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar. Misalnya  $A_1$  adalah luas daerah pengaruh pos penakar 1,  $A_2$  adalah luas daerah pengaruh pos penakar 2 dan seterusnya. Jumlah  $A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n = A$  adalah merupakan jumlah luas seluruh areal yang dicari tinggi curah hujannya.

Jika pos penakar 1 menakar tinggi hujan  $d_1$ , pos penakar 2 menakar  $d_2$ , hingga pos penakar  $n$  menakar  $d_n$ , maka : (Soemarto, 1987: 33)

$$d = \frac{A_1 \cdot d_1 + A_2 \cdot d_2 + \dots + A_n \cdot d_n}{A}$$

$$d = \sum_{i=1}^n \frac{A_i \cdot d_i}{A} \quad (4)$$

dimana :

$A$  = luas areal

$d$  = tinggi curah hujan rata-rata areal

$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$  = tinggi curah hujan di pos 1, 2, 3, ...,  $n$

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  = luas daerah pengaruh pos 1, 2, 3, ...,  $n$

$\sum_{i=1}^n P_i$  = jumlah prosentase luas 100%

### Perhitungan Air yang Dapat Dipanen

CMHC (*Canada Mortgage and Housing Corporation*) di dalam buku yang berjudul "*Collecting and Using Rainwater at Home*" menyebutkan jumlah air hujan yang dapat dipanen dihitung melalui langkah-langkah perhitungan secara sederhana, sebagai berikut :

1. Data rata-rata curah hujan lokasi studi = ..... mm (a)
  2. Luas atap bangunan = .....  $m^2$  (b)
  3. Hasil pemanenan air hujan maksimum =  $a \times b = \dots$  ltr (c)
- Koefisien *run off* (kehilangan air) =  $0,8 \times c = \dots$  ltr (5)



### Pendekatan Sisi Demand

Metode ini adalah metode sederhana untuk menghitung volume *reservoir* berdasarkan volume konsumsi air dan ukuran bangunan (atap). Metode ini hanya relevan pada wilayah yang mempunyai musim kemarau, cocok untuk Indonesia dengan iklim tropisnya.

$$Demand = Water Use \times Household Member \times 365 \text{ hari} \quad (6)$$

Keterangan :

*Demand* : Kebutuhan air dalam satu rumah per 1 tahun (m<sup>3</sup>)

*Water use* : Kebutuhan air satu orang dalam satu hari (m<sup>3</sup>)

*HouseholdMember* : Jumlah pengguna dalam 1 rumah (jiwa)

## D. Hasil dan Pembahasan

### 1. Analisis Hidrologi

Dalam studi ini stasiun hujan yang dipakai terdiri dari tiga stasiun hujan yang ada di area DAS Tukad Badung yaitu stasiun hujan Mambal, stasiun hujan Sading dan stasiun hujan Buagan dengan rentang pengamatan data hujan selama 10 tahun terakhir (2005-2014). Dimana terdapat kekurangan data hujan pada tahun 2007 dan 2008.

Dipilih DAS Tukad Badung dikarenakan DAS ini dianggap mewakili DAS di Kota Denpasar karena aliran sungai Tukad Badung melewati 3 (tiga) kecamatan di Kota Denpasar yakni Denpasar Utara, Denpasar Barat, dan Denpasar Selatan. Pada tabel 1 disajikan data curah hujan maksimum dalam 10 tahun terakhir.

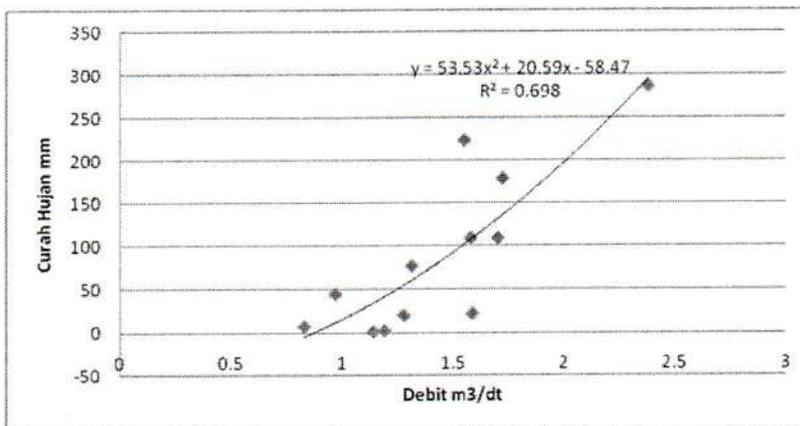
Di dalam proses analisis data curah hujan, terdapat data-data yang belum lengkap (masih kosong) yang dikarenakan ketiadaan data di stasiun hujan. Oleh karena itu diperlukan proses perhitungan tambahan untuk mencari data hujan yang hilang tersebut. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mencari data hujan yang hilang tersebut namun dalam penelitian ini digunakan hubungan antara data debit dan data hujan. Hubungan antara data debit dan data hujan tersebut bisa dicari antara lain dengan cara model regresi, model Mock, model tangki, dsb (Bambang, 2008:306). Di dalam penelitian ini digunakan metode persamaan regresi. Adapun persamaan regresi yang menjadi pedoman untuk membangkitkan data hujan adalah persamaan regresi polynomial yang dihasilkan dari hubungan data curah hujan dengan data debit Tukad Badung pada tahun 2006.

Tabel 1. Data curah hujan bulanan maksimum dalam 10 tahun terakhir

No	hari hujan/sta	Bulan hujan/sta	Tahun	Stasiun			Hujan Rerata Daerah	Hujan Maksimum Rerata
				Mambal	Sading	Buagan		
1	17	desember	2005	<b>596,00</b>	499,00	156,00	312,92	312,92
	19	desember		596,00	<b>499,00</b>	156,00	312,92	
	10	januari		251,00	291,00	<b>227,50</b>	253,66	
2	12	maret	2006	<b>323,00</b>	250,50	115,50	178,98	286,83
	23	januari		0,00	<b>464,50</b>	187,00	286,83	
	17	januari		0,00	464,50	<b>187,00</b>	286,83	
3	-	-	2007	-	-	-	-	-
	-	-		-	-	-	-	
	-	-		-	-	-	-	
4	-	-	2008	-	-	-	-	-
	-	-		-	-	-	-	
	-	-		-	-	-	-	



	-	-	-	-	-	-	-	-
5	18	januari	2009	<b>554,00</b>	405,00	276,00	340,64	359,50
	18	pebruari		276,00	<b>409,00</b>	332,00	359,50	
	16	pebruari		276,00	409,00	<b>332,00</b>	359,50	
6	13	september	2010	<b>492,00</b>	416,00	74,00	229,43	389,09
	19	januari		241,00	<b>432,00</b>	299,00	348,43	
	19	april		418,00	295,00	<b>453,00</b>	389,09	
7	16	januari	2011	<b>341,50</b>	248,00	403,00	338,95	376,40
	16	nopember		128,50	<b>366,00</b>	224,00	275,09	
	10	desember		278,50	313,00	<b>430,00</b>	376,40	
8	13	januari	2012	<b>442,00</b>	541,00	483,00	503,77	534,52
	21	januari		442,00	<b>541,00</b>	483,00	503,77	
	21	desember		261,00	29,50	<b>916,00</b>	534,52	
9	21	januari	2013	<b>529,00</b>	470,00	751,00	629,36	720,68
	25	januari		529,00	<b>470,00</b>	751,00	629,36	
	21	desember		0,00	458,00	<b>971,00</b>	720,68	
10	14	januari	2014	<b>333,00</b>	431,00	895,00	684,38	765,75
	18	desember		325,00	<b>520,00</b>	979,00	765,75	
	25	desember		325,00	520,00	<b>979,00</b>	765,75	



Gambar 4.  
 Analisis Regresi Polynomial

Tabel 2. Hasil hitung penurunan curah hujan berdasar data debit tahun 2007 dan 2008

2007		POLYNOMIAL	2008	
Data Debit	Data Hujan		Data Debit	Data Hujan
1341	95,88	Persamaan $y = 53.53x^2 + 20.59x - 58.47$ Korelasi $R^2 = 0.698$	1316	92,33
1038	57,45		1614	138,88
1822	176,98		1657	146,38
870	40,36		1022	55,69
651	22,60		1182	74,49
890	42,24		948	47,92
803	34,38		717	27,42



720	27,65		664	23,51
569	17,27		968	49,96
616	20,24		1071	61,16
1049	58,67		959	49,04
1592	135,12		1204	77,29

Untuk memastikan data curah hujan yang terpakai benar-benar valid sesuai dengan kebutuhan statistik maka harus dilakukan uji konsistensi data dari masing-masing stasiun hujan yang ada. Hasil perhitungan uji konsistensi data curah hujan Sta. Mambal dengan menggunakan Metode *Rescaled Adjusted Partial Sum* (RAPS), menunjukkan bahwa  $Q/\sqrt{n}$  diperoleh hasil lebih kecil dari nilai kritik untuk tahun dan *confidence level* yang sesuai yaitu  $0.531 < 1.050$ , begitu pula yang ditunjukkan oleh hasil  $R/\sqrt{n}$  diperoleh hasil lebih kecil dari nilai kritik yaitu  $0.966 < 1.210$ , kemudian uji konsistensi data curah hujan Sta. Sading menunjukkan bahwa  $Q/\sqrt{n}$  diperoleh hasil lebih kecil dari nilai kritik untuk tahun dan *confidence level* yang sesuai yaitu  $0.622 < 1.050$ , begitu pula yang ditunjukkan oleh hasil  $R/\sqrt{n}$  diperoleh hasil lebih kecil dari nilai kritik yaitu  $0.959 < 1.210$ , kemudian uji konsistensi data curah hujan Sta. Buagan menunjukkan bahwa  $Q/\sqrt{n}$  diperoleh hasil lebih kecil dari nilai kritik untuk tahun dan *confidence level* yang sesuai yaitu  $0.483 < 1.050$ , begitu pula yang ditunjukkan oleh hasil  $R/\sqrt{n}$  diperoleh hasil lebih kecil dari nilai kritik yaitu  $0,809 < 1.210$ , dari ketiga pengujian yang dilakukan maka data dinyatakan konsisten.

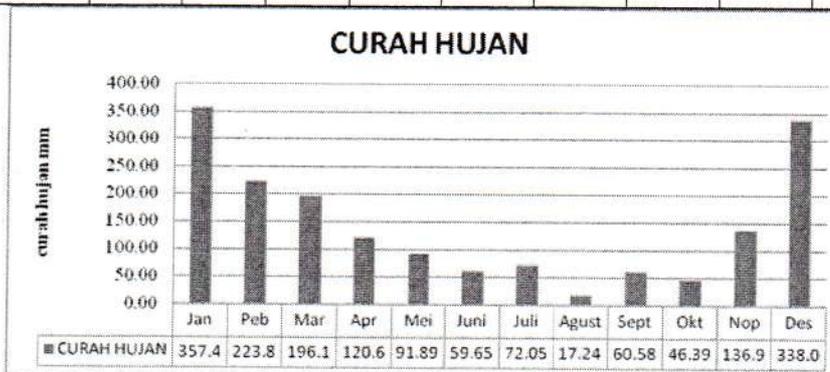
Selanjutnya dihitung curah hujan wilayah dengan metode *Poligon Thiessen* yang berdasarkan atas luas DAS Tukad Badung. Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar (Soemarto, 1987: 33), adapun hasil hitungan tersaji dalam tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Data curah hujan Kecamatan Denpasar Barat 10 tahun terakhir

Bulan	Curah Hujan (mm)										Rata-
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Jan	253,6	286,8	95,8	92,3	340,6	348,4	338,9	503,7	629,3	684,3	357,4
Peb	108,5	223,3	57,4	138,	359,5	292,7	262,9	206,4	260,3	328,7	223,8
Mar	49,14	178,9	176,	146,	129,7	97,60	206,9	529,1	325,7	121,1	196,0
Apr	50,88	109,6	40,3	55,6	25,67	389,0	264,8	40,08	92,80	137,6	120,0
Mei	0,00	77,53	22,6	74,4	94,26	132,9	150,8	47,17	239,8	79,26	91,80
Juni	1,19	22,23	42,2	47,9	0,39	62,68	69,83	4,32	290,9	54,79	59,60
Juli	35,96	20,19	34,3	27,4	22,96	135,5	51,47	37,89	290,1	64,47	72,80
Agus	6,08	2,62	27,6	23,5	4,08	82,02	3,85	1,49	14,46	6,68	57,20
Sept	120,5	1,18	17,2	49,9	139,1	229,4	14,88	15,92	17,53	0,00	68,80



Okt	88,29	7,30	20,2	61,1	48,64	105,8	67,88	22,15	41,63	0,79	<b>46,39</b>
Nop	206,8	44,89	58,6	49,0	45,80	95,95	275,0	71,12	385,8	136,2	<b>136,9</b>
Des	312,9	109,5	135,	77,2	209,7	138,3	376,4	534,5	720,6	765,7	<b>338,0</b>
Juml	<b>1233,</b>	<b>1084,</b>	<b>728,</b>	<b>844,</b>	<b>1420,</b>	<b>2110,</b>	<b>2084,</b>	<b>2014,</b>	<b>3309,</b>	<b>2379,</b>	<b>1434,</b>
Rata-	<b>102,8</b>	<b>90,35</b>	<b>60,7</b>	<b>70,3</b>	<b>118,3</b>	<b>175,8</b>	<b>173,6</b>	<b>167,8</b>	<b>275,7</b>	<b>198,3</b>	<b>143,4</b>



Gambar 5.  
 Curah hujan bulanan Kecamatan Denpasar Barat tahun 2005-2014

## 2. Volume Ketersediaan Air

Hasil perhitungan volume ketersediaan air dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Volume Ketersediaan Air

<b>RERATA CURAH HUJAN (mm)</b>	1434.13					
<b>KOEFISIEN RUN OFF</b>	0.8					
<b>LUAS ATAP BANGUNAN (m2) (ASUMSI)</b>	50	60	70	80	90	100
<b>HASIL PEMANENAN AIR HUJAN (L)</b>	57365.2	68838.2	80311.3	91784.3	103257	114730

Apabila digunakan asumsi luas atap seluas 100 m<sup>2</sup>, maka jumlah air hujan yang dapat dipanen adalah sebesar 114.730 L per tahun. Jika setiap rumah menerapkan teknik konservasi dengan teknik *Roff Top Rain Water Harvesting* jumlah air yang dapat dipanen setiap tahunnya di Kota Denpasar adalah sejumlah 114.730 x 270.426 rumah tangga = 31.026.083.150 L = 31.026.083 m<sup>3</sup>. Sedangkan apabila digunakan dengan asumsi luas atap 50 m<sup>2</sup>, didapat air hujan yang bisa dipanen sebesar 57365.2 x 270.426 rumah tangga = 15.513.041.575 L = 15.513.041 m<sup>3</sup>.

## 3. Analisa Pendekatan Sisi Demand

### Kebutuhan Air (Demand)

Jumlah kebutuhan air domestik penduduk di Kota Denpasar adalah sebagai berikut :



Kebutuhan air domestic (SNI, 2002) = 120 l/hari/orang  
Jumlah penduduk (BPS, 2014) = 863.600 orang  
Demand per hari =  $120 \times 863.600 = 103.632.000$  L  
Demand per tahun =  $103.632.000 \times 365 = 37.825.680.000$  L = 37.825.680 m<sup>3</sup>

#### 4. Pembahasan

Suplai air tambahan yang dihasilkan apabila seluruh rumah penduduk di Kota Denpasar menerapkan teknik konservasi dengan teknik Pemanenan Air Hujan (*Roof Top Rain Water Harvesting*) yaitu sebanyak 31.026.083 m<sup>3</sup>/tahun dapat memenuhi sekitar 82,02% dari total kebutuhan air domestik penduduk Kota Denpasar per tahunnya apabila asumsi luas atap yang digunakan 100 m<sup>2</sup>. Sedangkan apabila digunakan asumsi luas atap yang lebih kecil (50 m<sup>2</sup>), teknik konservasi ini dapat memenuhi sekitar 41,01% dari total kebutuhan air domestik penduduk Kota Denpasar. Dengan tambahan *supply* air seperti tersebut akan dapat menambah cadangan air selama 2 (dua) sampai 3 (tiga) bulan kedepan dan dapat mengurangi beban PDAM di dalam memasok air untuk masyarakat. Melihat dari hal tersebut tentu sudah dapat disimpulkan bahwa teknik konservasi dengan teknik Pemanenan Air Hujan efektif diterapkan di Kota Denpasar dalam upaya mendukung ketahanan air perkotaan berkelanjutan. Hasil sistem PAH tidak menutup kemungkinan dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air kritis saat jam puncak penggunaan air PDAM dengan catatan, air tampungan PAH tersebut telah melewati proses *Water Treatment Management* (WTP), sehingga hasil PAH dapat dinikmati lebih luas lagi oleh masyarakat.

#### E. Simpulan dan Saran

##### 1. Simpulan

- Kota Denpasar yang memiliki curah hujan rata-rata tahunan senilai 1.434,13 mm berpotensi besar untuk dikembangkan model konservasi berbasis pemanenan air hujan. Setelah dilakukan analisis pemanenan air hujan (*rainwater harvesting*) dapat diketahui bahwa volume air hasil PAH sebanyak 31.026.083 m<sup>3</sup>/tahun dapat memenuhi 82,02% dari total kebutuhan air domestik penduduk Kota Denpasar per tahunnya. Dengan melihat hasil yang demikian, dapat disimpulkan bahwa teknik konservasi PAH efektif dalam upaya mendukung ketahanan air perkotaan berkelanjutan.
- Hasil sistem PAH tidak menutup kemungkinan dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air kritis saat jam puncak penggunaan air PDAM dengan catatan, air tampungan PAH tersebut telah melewati proses *Water Treatment Management* (WTP), sehingga hasil PAH lebih luas lagi penggunaannya untuk masyarakat.

##### 2. Saran

Saran yang dapat disampaikan dalam penelitian ini adalah perlunya penelitian lanjutan terkait PAH untuk kebutuhan air PDAM di jam kritis dan proses pengolahan (WTP) air PAH guna meningkatkan ketahanan air perkotaan secara berkelanjutan.

#### Daftar Pustaka

- Anonim. 2013. *Collecting and Using Rainwater at Home*. CMHC. Canada.  
Hardisantoso, Nugroho. 2010. *Aplikasi Hidrologi*. Jogja Media Utama. Malang.  
Harsoyo, Budi. 2010. "Teknik Pemanenan Air Hujan (*Rain Water Harvesting*) Sebagai Alternatif Upaya Penyelamatan Sumberdaya Air Di Wilayah DKI Jakarta". *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, Vol. 11, No. 2, 2010, hlm 29-39.



- Mosley, Luke. 2005. *Water Quality of Rainwater Harvesting System*. SOPAC Water Quality Officer.
- Nazharia, Cyntia dan Maryati, Sri. 2010. "Penentuan Skala Pemanenan Air Hujan Sebagai Alternatif Penyediaan Air Bersih Yang Terjangkau di Kelurahan Sukajadi Kota Dumai". *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota B SAPPK V2N1*.
- Said, Nusa Idaman dan Widayat, Wahyu. 2014. *Pengisian Air Tanah Buatan, Pemanenan Air Hujan dan Teknologi Pengolahan Air Hujan "Studi Kasus Kota Depok"*. BPPT Press. Jakarta Pusat.
- Susana, Tri Y. 2012. *Analisa Pemanfaatan Potensi Air Hujan Dengan menggunakan CISTERN Sebagai Alternatif Sumber Air Pertamanan Pada Gedung Perkantoran Bank Indonesia*. Skripsi. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta.
- Worm, Janette and Hattum, Tim van. 2006. *Rainwater Harvesting For Domestic Use*. Agrodok 43. Agromisa Foundation and CTA, Wageningen.
- Yoga dan Anwar. 2013. "Teknologi Pemanenan Air Hujan Untuk Mengatasi Kekeringan dan Penyediaan Air Bersih di Desa Sawitan". *Jurnal Teknik Pomits*, Vol.1, No. 1, (2013) 1- 6.
- Yulistyorini, Anie. 2011. "Pemanenan Air Hujan Sebagai Alternatif Pengelolaan Sumber Daya Air di Perkotaan". *Jurnal Tekonologi dan Kejuruan*, Vol. 34, No. 1, Pebruari 2011: 105- 114.