

PERANCANGAN DAN ANALISIS KEANDALAN SISTEM PEMANENAN AIR HUJAN PADA BANGUNAN DENGAN ATAP HIJAU (*GREEN ROOF*) DI KOTA PONTIANAK

Ivan Andri Gunawan¹⁾, Yulisa Fitriyaningsih¹⁾, Agus Ruliyansyah²⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Lingkungan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak

²⁾ Fakultas Pertanian Universitas Tanjungpura, Pontianak

Email: ivan.andri56@gmail.com

ABSTRAK

Pada penelitian ini telah dianalisis uji keandalan sistem pemanfaatan air hujan dan dirancang sistem pemanenan air hujan pada model *green roof* yang diterapkan untuk rumah tipe 45 dan 54 di Kota Pontianak agar lebih efektif dan efisien. Berdasarkan hasil analisis sistem pemanfaatan air hujan dengan menggunakan *green roof* dapat dikatakan handal karena memenuhi kebutuhan primer pada kedua tipe rumah. Sistem pemanfaatan air hujan yang dapat diandalkan untuk memenuhi kebutuhan penghuni rumah tipe 45 adalah 46,5 Liter/Orang/Hari, angka kebutuhan ini dapat digunakan untuk minum, memasak, mandi dan kakus, serta mencuci pakaian. Sistem pemanfaatan air hujan pada rumah tipe 54 dapat diandalkan untuk memenuhi kebutuhan air sebesar 51,5 Liter/Orang/Hari yang meliputi penggunaan air untuk keperluan minum, memasak, mandi, kakus, cuci pakaian, hingga mencuci alat dapur. Hasil perancangan sistem pemanfaatan air hujan adalah sebagai berikut: (1) Dimensi talang air hujan berdiameter 6 inci yang dipasang di sepanjang kaki atap pada sisi depan dan belakang, kemudian dihubungkan ke tempat penampungan menggunakan pipa vertikal berdiameter 3 inci. Sistem ini dilengkapi pemisah aliran yang dihubungkan dengan talang vertikal tersebut, sehingga air yang mengandung partikel pencemar dapat dibuang terlebih dahulu sebelum mengisi tangki; (2) Tempat penampungan dapat menampung air 8,2 m³ yang berupa dua buah tangki air *polyethylene* 4,1 m³; dan (3) Penyangga tempat penampungan terbuat dari kayu berdimensi 4 m x 2 m x 0,95 m. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi solusi komprehensif konsep pembangunan yang ramah lingkungan, relatif murah dan mudah untuk diterapkan serta mampu mengurangi air limpasan (*run-off*) dengan memperluas area tangkapan air yang menjadi salah satu penyebab permasalahan banjir dan ketersediaan air bersih di Kota Pontianak.

Kata Kunci: *green roof, rainwater harvesting, air bersih*

ABSTRACT

In this research, The reliability test of rain water harvesting system have been analyzed and rainwater harvesting system designed on the model of green roof that is applied to the types 45 and 54 in the Pontianak City in order to more effectively and efficiently. Based on the analysis of rainwater utilization system using the green roof can be said to be reliable due to meet the primary needs in both types of homes. Rainwater utilization systems that can be relied upon to meet the needs of the household type 45 is 46,5 liters/person/day, this figure needs to be used for drinking, cooking, bathing and toilet, and washing clothes. Rain water harvesting system in house type 54 can be relied upon to meet the water needs of 51,5 liters/person/day which includes the use of water for drinking, cooking, bathing, toilet, washing clothes, washing up kitchen appliance. Results of rain water harvesting system design are as follows: (1) Dimension rain gutters installed 6 inch in diameter along the foot of the roof on the front and back, then connected to a shelter using a 3 inch diameter vertical pipe. The system is equipped separator flow associated with the vertical gutters, so water containing pollutant particles can be removed first before filling the tank, (2) The shelter can accommodate 8,2 m³ of water in the form of two pieces of polyethylene water tanks 4,1 m³; and (3) Buffer shelters made of wood dimensions 4 m x 2 m x 0,95 m. Results are expected to be a comprehensive solution concept of environmentally friendly construction, relatively inexpensive and easy to apply and can reduce runoff water with a catchment area extending into one of the causes of the flooding problems and the availability of clean water in the Pontianak city.

Keywords: *green roof, rainwater harvesting, clean water*

1. Pendahuluan

Indonesia memiliki iklim tropis dengan curah hujan rata-rata antara 2.000 – 4.000 mm/tahun (Kementerian Lingkungan Hidup, 2009). Hasil pencatatan stasiun hujan di Kota Pontianak pada tahun 1999 – 2009 menunjukkan bahwa rata-rata curah hujan di Kota Pontianak sebesar 3.212,2 mm per

tahun. Angka ini cukup besar apabila dibandingkan dengan curah hujan di DKI Jakarta, yang pada tahun 2010 tercatat hanya sebesar 1.779,1 mm (Hasil Olahan BPS, 2011). Dampak dari curah hujan yang tinggi di Kota Pontianak adalah banjir. Beberapa penyebab terjadinya banjir adalah akibat air limpasan (*run-off*) yang melimpah karena tingginya pembangunan gedung dan jalan sehingga menyebabkan hilangnya sebagian lahan hijau sebagai area peresapan.

Selain itu penurunan kualitas air hujan juga disebabkan oleh peralihan antara musim hujan dan musim kemarau. Berdasarkan Survei Sosial dan Ekonomi Nasional yang dihasilkan oleh BPS pada tahun 2010, 71,06% rumah tangga di Kota Pontianak masih menggunakan air hujan sebagai air minum.

Berdasarkan kondisi-kondisi tersebut, maka diperlukan suatu konsep pembangunan yang ramah lingkungan, relatif murah dan mudah untuk diterapkan serta dapat mengurangi air limpasan (*run-off*) dengan memperluas area tangkapan air yang menjadi salah satu penyebab permasalahan banjir dan permasalahan ketersediaan air bersih saat terjadi penurunan kualitas air hujan di Kota Pontianak. Salah satu konsep pembangunan yang ramah lingkungan serta dapat menyelesaikan permasalahan di Kota Pontianak yang telah dipaparkan sebelumnya adalah menggunakan atap hijau (*green roof*).

Green roof merupakan sistem atap dengan tumbuhan di atasnya dan berfungsi sebagai penyerapan serta dapat digunakan sebagai filter air hujan pada saat kualitas air hujan menurun. Penerapan *green roof* di Kota Pontianak belum pernah dilakukan sebelumnya. Kebanyakan masyarakat Kota Pontianak masih menggunakan atap biasa sebagai penutup bagian atas pada bangunan mereka. Tidak hanya membuat *green roof* pada bangunan, namun perlu dilakukan analisis sistem pemanfaatan air hujan sehingga dapat dioptimalkan kinerja *green roof* sebagai media filter air hujan dan sebagai media *rainwater harvesting*. Secara sederhana prinsip kerja *rainwater harvesting* adalah menampung air hujan, sehingga dapat digunakan kembali menjadi air yang siap pakai. *Rainwater harvesting* juga dapat membantu mengurangi limpasan air hujan yang dapat menyebabkan banjir, serta membantu dalam penghematan air tanah.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, maka pada penelitian ini dilakukan analisis uji keandalan sistem pemanfaatan air hujan yang melewati *green roof* serta perancangan sistem pemanenan yang pada *green roof* agar lebih efektif dan efisien

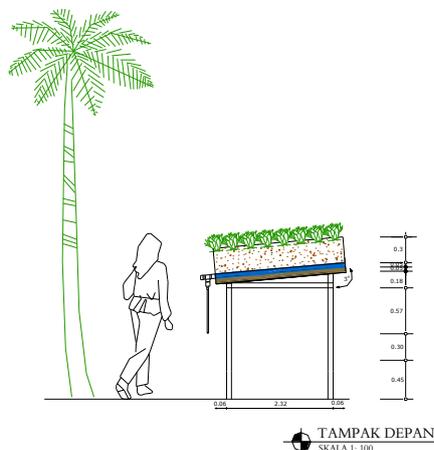
2. Metodologi

Proses perancangan sistem pemanenan air hujan pada *green roof* dilakukan analisis keandalan sistem dalam memanen air hujan berdasarkan dua aspek, yaitu:

- a. Analisis uji keandalan sistem pemanfaatan air hujan pada *green roof*
- b. Perancangan sistem pemanenan air hujan pada *green roof*

Analisis uji keandalan sistem dimulai dari melakukan analisis kebutuhan air dengan cara pembuatan kuesioner berdasarkan studi literatur. Hasil yang didapat dibandingkan untuk mendapatkan angka kebutuhan air (Liter/Orang/Hari) untuk menghitung kuantitas air hujan yang dapat dimanfaatkan pada *green roof*. Setelah itu didapatkan keandalan sistem *green roof* untuk memenuhi kebutuhan pada tipe rumah 45 dan 54. Kemudian dilakukan perancangan sistem pemanenan air hujan pada *green roof* dimulai dari perancangan talang hujan pada *green roof* untuk mendapatkan dimensi talang terbaik. Ukuran dimensi yang didapatkan kemudian dibandingkan dengan talang yang ada dipasaran. Dari seluruh data yang didapat maka dilakukan perancangan tempat penampungan air hujan pada *green roof*, sehingga didapatkan sistem penampungan dan pemanenan air hujan yang optimal.

Gambar rancangan *green roof* yang digunakan pada penelitian ini, dapat dilihat pada Gambar 1.

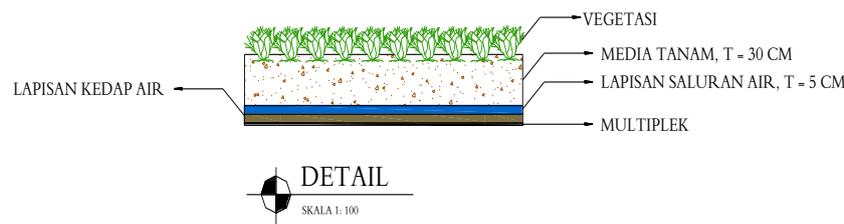


Gambar 1. Tampak *green roof*

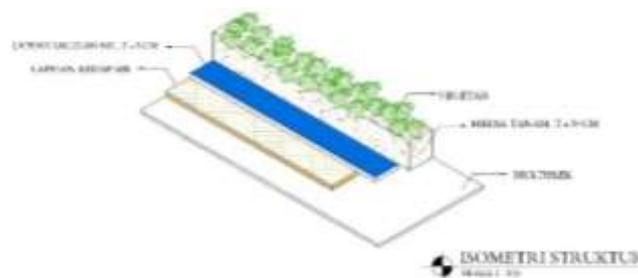
Kriteria model perancangan *green roof* adalah sebagai berikut:

- Lapisan vegetasi merupakan lapisan teratas dari atap hijau yang terdiri dari media tanam. Media tanam yang digunakan adalah tanah dengan ketebalan 30 cm dan vegetasinya menggunakan rumput gajah mini
- Lapisan selanjutnya adalah lapisan saringan, lapisan saringan yang digunakan adalah serat ijuk dengan ketebalan 5 cm
- Setelah lapisan saringan, dibuat juga lapisan penyaluran air yang terdiri dari batu kerikil yang sudah dicuci dengan ukuran \varnothing 8-16 mm, setebal 5 cm
- Rangka model *green roof* menggunakan balok ukuran 6/6, dimana balok tersebut dibuat sesuai dengan ukuran luas penampang multiplek 15 mm

Beban yang diterima oleh model atap hijau sebesar $0,18 \text{ kN/m}^2$. Besarnya beban model atap hijau diperoleh dari beban tanah basah sebesar $\pm 0,2 \text{ kN/m}^2$ untuk setiap cm tebal tanah dikalikan dengan volume model atap hijau yang memiliki tinggi (t) = 30 cm. Gambar detail lapisan dan isometri dari model *green roof* yang telah dibuat ditunjukkan pada Gambar 2.



(a) Detail struktur model *green roof*



(b) Isometri struktur model *green roof*

Gambar 2. Gambar detail dan isometri struktur model *green roof*

Berdasarkan sumber data yang diperoleh, data yang digunakan dalam penelitian ini terbagi dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder.

a. Data Primer

Data primer dalam penelitian ini adalah:

- Data fisik bangunan model *green roof* baik bentuk dan ukuran atap, lapisan penyusun atap *green roof*
- Laju aliran air yang melewati model *green roof* dan kualitas air yang melewati *green roof*
- Debit air limpasan yang melewati *green roof*
- Laju presipitasi pada saat pengukuran debit air

b. Data Sekunder

Data sekunder dalam penelitian ini adalah:

- Angka kebutuhan air diperoleh dari studi pustaka
- Data curah hujan diperoleh dari stasiun meteorologi dan klimatologi di supadio
- Data mengenai kota pontianak diperoleh dari instansi instansi pemerintah, seperti BPS (Badan Pusat Statistik), kantor camat, dan kantor kelurahan

Berdasarkan sumber data yang telah diperoleh dari data primer dan sekunder, maka dapat dihitung ketersediaan air yang ditampung dapat dihitung menggunakan persamaan (1) (UN-HABITAT, 2004).

$$\text{Kebutuhan air tahunan} = CH \times A \times C \dots\dots\dots (1)$$

Tahap selanjutnya dihitung jumlah kebutuhan air pada musim kemarau dengan menggunakan persamaan (2).

$$\text{Kebutuhan air tahunan} = \text{angka kebutuhan } ((l/o)/h) \times \text{jlh.ART} \times 365 \text{ hari} \dots\dots\dots (2)$$

Untuk menghitung kapasitas penampungan, dihitung volume air yang dibutuhkan pada musim kemarau berdasarkan persamaan (3).

$$\text{Kapasitas penampungan} = \text{pjg.musim kering (hari)} \times \text{jlh.ART} \times \text{kebutuhan air ((l/o)/hari)} \dots\dots\dots(3)$$

Perancangan sistem pemanfaatan air hujan meliputi perancangan untuk atap yang sesuai, talang yang dapat menyalurkan air secara optimal, dan tempat penyimpanan air hujan yang memadai. Nilai rata-rata hujan maksimum harian digunakan dalam menentukan intensitas hujan yang jatuh ke permukaan atap. Intensitas hujan tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c}\right)^m \dots\dots\dots(4)$$

Waktu konsentrasi aliran adalah waktu yang diperlukan air di titik terjauh permukaan tangkapan hujan (puncak atap) untuk sampai ke saluran drainase atap (talang). Waktu Konsentrasi dihitung dengan menggunakan persamaan (5) Kirprich (1940):

$$t_c = 0,0078 . L^{0,77} . S^{-0,385} \dots\dots\dots(5)$$

Kemudian dihitung debit yang dialirkan oleh talang menggunakan persamaan rasional berikut:

$$Q = 0,278 . C . I . A . 10^{-6} \dots\dots\dots(6)$$

Persamaan yang digunakan untuk mendesain talang adalah persamaan berikut:

a. Persamaan Manning

$$V = \frac{1}{n} . R^{2/3} . S^{1/2} \dots\dots\dots(7)$$

b. Persamaan Penampang Persegi

Persamaan luas penampang basah persegi:

$$A = p . l \dots\dots\dots(8)$$

Persamaan jari-jari hidrolis:

$$R = \frac{A}{(2p+l)} \dots\dots\dots(9)$$

Persamaan kedalaman air dalam saluran

$$y_n = \left(\frac{Q.n}{1,486 . \sqrt{S}}\right)^{\frac{3}{8}} \dots\dots\dots(10)$$

Pada sistem talang saluran terbuka, sebaiknya aliran didalam talang memiliki karakteristik sebagai aliran subkritis, sehingga tidak terjadi lompatan hidrolis. Oleh karena itu bilangan Froude di talang harus lebih kecil dari 1 sehingga didapatkan aliran yang subkritis.

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{(g.y)}} \dots\dots\dots(11)$$

Sisa tekanan air pada keran (*head available*) dapat dihitung dengan mengurangi *head* air dalam tangki (selisih tinggi permukaan air dengan posisi keran) dengan kehilangan tekan yang terjadi akibat gesekan (*major losses*) maupun aksesoris perpipaan (*minor losses*), seperti pada persamaan berikut:

$$H_{available} = H - (h_f + h_k) \dots\dots\dots(12)$$

Nilai kehilangan mayor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (13).

$$h_f = f . \frac{lp}{d} . \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(13)$$

Nilai kehilangan minor dapat dihitung menggunakan persamaan (14).

$$h_k = k \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(14)$$

Sebelum menghitung besarnya kehilangan-kehilangan tersebut, perlu diidentifikasi kecepatan aliran air dalam pipa menggunakan persamaan (15).

$$v = \sqrt{2gh} \dots\dots\dots(15)$$

Keterangan:

CH	= Curah hujan	y_n	= kedalaman air dalam saluran (m)
A	= Luas area tangkapan (m^2)	Fr	= Bilangan Froude
C	= Koefisien limpasan	V	= Kecepatan aliran (m/detik)
ART	= Anggota rumah tangga	g	= Percepatan gravitasi (m/detik ²)
I	= Intensitas hujan perjam (mm/jam)	y	= Panjang Karakteristik, pada saluran terbuka (kedalaman aliran) (m)
R24	= Hujan harian maksimum (mm)	H _{available}	= sisa tekan pada keran (m)
tc	= Waktu konsentrasi aliran (jam)	H	= <i>head</i> air di tangki terhadap keran (m)
m	= Koefisien digunakan 2/3	h_f	= Kehilangan mayor (m)
L	= Panjang aliran (kaki)	h_k	= Kehilangan minor (m)
S	= Kemiringan rata-rata daerah pengaliran atau saluran (m/m atau %)	f	= Koefisien gesekan pipa
Q	= Debit air yang melimpas (m ³ /detik)	l_p	= Panjang pipa (m)
V	= Kecepatan aliran (m/detik)	d	= Diameter pipa (m)
n	= Koefisien Manning	k	= Koefisien katup (pada katup plat terbuka penuh bernilai 0,2 dan koefisien inlet pipa bernilai 0,5)
R	= Jari - jari hidrolik (m)	h	= Ketinggian air dalam tangki (m)
P	= Kedalaman basah penampang (m)		
l	= Lebar penampang (m)		

7. Hasil dan Diskusi

Berdasarkan hasil kajian perbandingan angka pemakaian air dan angka kebutuhan air yang terdapat dalam berbagai literatur dan data hasil perhitungan kuesioner, digunakan batas bawah dari data yang ada pada literatur dan hasil perhitungan yang telah dilakukan, seperti pada Tabel 1 (Hasil Analisis, 2013).

Tabel 1. Angka kebutuhan air bersih sesuai kajian literatur

No.	Keperluan	Nilai (Liter/Orang/Hari)
1	Minum	2,0
2	Memasak	10,0
3	Mandi, kakus	14,5
4	Cuci pakaian	20,0
5	Cuci alat dapur	5,0
6	Wudhu	12,0
7	Menyiram pekarangan	5,0
8	Cuci Kendaraan	10,0
9	Air untuk keperluan lain lain	20,0
Jumlah		98,5

Berdasarkan Tabel 1 diketahui jumlah volume air yang dibutuhkan untuk masing masing keperluan adalah 98,5 Liter/Orang/Hari. Dari data pada Tabel 1 didapatkan angka kebutuhan air bersih masyarakat Kota Pontianak berdasarkan hasil analisis yang dapat dilihat pada Tabel 2 (Hasil Analisis, 2013).

Tabel 2. Kebutuhan air bersih masyarakat Kota Pontianak untuk berbagai tingkat keperluan

No	Keperluan	Nilai (Liter/Orang/Hari)	Kebutuhan air tahunan (Liter/Tahun)
1	Kebutuhan Penuh	100	182.500,0
2	Minum, memasak, mandi dan kakus, cuci pakaian, cuci alat dapur, wudhu, menyiram pekarangan, cuci kendaraan, dan keperluan lainnya	98,5	179.762,5
3	Minum, memasak, mandi dan kakus, cuci pakaian, cuci alat dapur, wudhu, menyiram pekarangan, dan cuci kendaraan	78,5	143.262,5
4	Minum, memasak, mandi dan kakus, cuci pakaian, cuci alat dapur, wudhu, dan menyiram pekarangan	68,5	125.012,5
5	Minum, memasak, mandi dan kakus, cuci pakaian, cuci alat dapur, dan wudhu	63,5	115.887,5
6	Minum, memasak, mandi dan kakus, cuci pakaian, dan cuci alat dapur	51,5	93.987,5
7	Minum, memasak, mandi dan kakus, dan cuci pakaian	46,5	84.862,5
8	Minum, memasak, mandi dan kakus	26,5	48.362,5
9	Minum dan memasak	12	21.900,0

Berdasarkan Tabel 2 terdapat sembilan variasi angka kebutuhan air yang diperlukan untuk memenuhi berbagai porsi aktivitas rumah tangga. Angka kebutuhan yang tercantum dalam Tabel 2 divariasikan mulai dari jumlah air yang diperlukan hanya untuk meminum dan memasak sampai jumlah air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan penuh semua aktivitas rumah tangga.

Menurut hasil perhitungan langsung dengan menggunakan data hasil pengamatan dengan hasil perhitungan berdasarkan teori didapatkan hasil yang memiliki nilai perbedaan yang sangat kecil. Pada pengamatan dilapangan didapatkan nilai kuantitas air hujan sebesar 0.01 m³/jam dan pada teori didapatkan nilai sebesar 0,0098 m³/jam. Perbedaan tersebut dapat terjadi karena tingkat ketelitian yang rendah dalam pengamatan. Namun berdasarkan nilai tersebut membuktikan bahwa perhitungan secara teori dapat digunakan dengan menggunakan nilai koefisien limpasan sebesar 0,45 untuk menghitung jumlah hujan yang dapat ditangkap oleh model *green roof*. Berdasarkan perhitungan tersebut diketahui bahwa jumlah kuantitas air hujan yang dapat dimanfaatkan setiap tahun per m² luasan *green roof* adalah 1,38 m³/tahun.

Hasil perhitungan jumlah hujan yang dapat ditangkap oleh kedua tipe rumah yang menggunakan *green roof* ditunjukkan oleh **Tabel 3** (Hasil Perhitungan, 2013) dengan curah hujan tahunan 3.057,3 mm dan koefisien limpasan sebesar 0,45 (Gould, 2006).

Tabel 3. Kuantitas hujan yang dapat dimanfaatkan dengan menggunakan *green roof* setiap tahun

Sisi	Rumah	Luas Permukaan (m ²)	Jumlah Air Hari Hujan yang Ditangkap (m ³ /tahun)
I	Tipe 45	32,85	45,27
	Tipe 54	40,34	55,6
II	Tipe 45	65,7	90,54
	Tipe 54	80,68	111,88

Berdasarkan Tabel 3 jumlah air hujan yang dapat ditangkap oleh atap dengan satu sisi pada sistem pemanfaatan air hujan di rumah tipe 45 adalah sebesar 45,27 m³/tahun dan 55,6 m³/tahun pada rumah tipe 54. Sedangkan jumlah air hujan yang dapat ditangkap oleh atap dengan dua sisi pada sistem pemanfaatan air hujan di rumah tipe 45 adalah sebesar 90,54 m³/tahun dan 111,88 m³/tahun pada rumah tipe 54.

Menurut hasil analisis kedua sisi atap maka digunakan dua sisi atap sebagai luas permukaan tangkapan, karena hasil yang didapatkan lebih optimal dibandingkan hanya menggunakan satu sisi atap sebagai permukaan tangkapan air hujan. Analisa keandalan berdasarkan hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Analisa keandalan sistem pada tipe rumah 45 dan tipe rumah 54

No	Keperluan	Tipe 45	Tipe 54
1	Kebutuhan Penuh	-	-
2	Minum, memasak, mandi dan kakus, cuci pakaian, cuci alat dapur, wudhu, menyiram pekarangan, cuci kendaraan, dan keperluan lainnya	-	-
3	Minum, memasak, mandi dan kakus, cuci pakaian, cuci alat dapur, wudhu, menyiram pekarangan, dan cuci kendaraan	-	-
4	Minum, memasak, mandi dan kakus, cuci pakaian, cuci alat dapur, wudhu, dan menyiram pekarangan	-	-
5	Minum, memasak, mandi dan kakus, cuci pakaian, cuci alat dapur, dan wudhu	-	-
6	Minum, memasak, mandi dan kakus, cuci pakaian, dan cuci alat dapur	-	√
7	Minum, memasak, mandi dan kakus, dan cuci pakaian	√	√
8	Minum, memasak, mandi dan kakus	√	√
9	Minum dan memasak	√	√

Dalam perancangan talang hujan diperlukan nilai debit untuk menjadi salah satu pertimbangan dalam mendapatkan ukuran talang terbaik. Pada Tabel 5 (Hasil Perhitungan, 2013) berisi hasil perhitungan debit hujan dengan nilai koefisien limpasan yang telah dihitung sebelumnya yaitu 0,45. Berdasarkan nilai debit yang telah didapatkan, kemudian dapat dihitung dimensi talang terbaik yang perlu dipasang sebagai drainase atap.

Tabel 5. Hasil perhitungan debit air hujan yang akan dialirkan oleh talang

Rumah	t_c (menit)	I (mm/jam)	A (m ²)	Q (m ³ /det)
Tipe 45	0,19	1893,8	32,85	0,0078
Tipe 54	0,22	1717,5	40,34	0,0087

Pada Tabel 6 (Hasil Perhitungan, 2013) berisi perhitungan dimensi talang terbaik pada rumah tipe 45 dan tipe 54 untuk sistem pemanfaatan air pada *green roof*. Hasil perhitungan tersebut menghasilkan dimensi talang terbaik dengan penampang berukuran 0,096 m x 0,128 m untuk rumah tipe 45 dan penampang berukuran 0,1 m x 0,133 m untuk rumah dengan tipe 54. Jika dimungkinkan maka, sebaiknya talang PVC yang dibuat disesuaikan dengan perhitungan yang terdapat pada Tabel 6. Namun akan lebih mudah dan murah jika menggunakan talang pabrikan yang sudah dijual bebas dipasaran seperti pada Tabel 6 bagian bawah (Hasil Perhitungan, 2013) yang berisi perhitungan karakteristik talang dengan dimensi 6 inchi. Melalui perhitungan yang telah dilakukan, dihasilkan rekomendasi untuk memasang talang PVC berukuran 6 inchi dengan kemiringan 0,10 % sepanjang 8,25 meter di tiap bagian sisi untuk rumah dengan tipe 45 dan 8,00 meter untuk rumah tipe 54 pada tiap bagian sisi. Selanjutnya talang horizontal ini dihubungkan ke tangki dengan menggunakan pipa vertikal berukuran 3 inchi. Ukuran pipa ini sesuai untuk dihubungkan dengan corong talang. Pada talang penghubung, dipasang alat pemisah aliran untuk memisahkan aliran hujan jika dilihat mengandung kotoran yang ikut terbawa talang, dan memiliki tingkat kekeruhan yang cukup tinggi sehingga dapat dibuang ke saluran drainase rumah.

Tabel 6. Perhitungan dimensi talang terbaik dan ukuran yang tersedia

Rumah	Q_p	S_o	n	Y	B	W	A	P	R_h	V	Fr	Ket
Hasil perhitungan dimensi talang terbaik												
Tipe 45	0,0078	0,10%	0,01	0,096	0,096	0,128	0,0092	0,29	0,032	0,85	0,87	Subkritis
Tipe 54	0,0087	0,10%	0,01	0,1	0,1	0,133	0,01	0,3	0,033	0,87	0,88	Subkritis
Hasil perhitungan dimensi talang sesuai dengan ukuran yang tersedia												
Tipe 45	0,01	0,10%	0,01	0,15	0,15	0,025	0,0225	0,45	0,05	1,1	0,90	Subkritis
Tipe 54	0,01	0,10%	0,01	0,15	0,15	0,025	0,0225	0,45	0,05	1,1	0,90	Subkritis

Pada analisis data curah hujan yang dilakukan Sakong (2012) diketahui bahwa pada umumnya musim kemarau terjadi pada bulan Februari, Juni, Juli, Agustus dan September, seperti yang terlihat pada Tabel 7 (Sakong, 2012). Berdasarkan Tabel 7 diketahui periode musim kemarau terpanjang diantara bulan Juni sampai bulan September. Data ini dapat digunakan sebagai acuan dalam merancang tempat penyimpanan untuk menyediakan air yang cukup pada periode tersebut.

Tabel 7. Rata-rata curah hujan bulanan beserta kategorinya

Bulan	Curah Hujan Rata-Rata per Bulan (mm/bulan)	Kategori Bulan
Januari	307,8	Basah
February	190,9	Kering
Maret	255,6	Basah
April	287,1	Basah
Mei	267,6	Basah
Juni	198,4	Kering
Juli	199,1	Kering
Agustus	165,7	Kering
September	219,6	Kering
Oktober	330,2	Basah
November	354,7	Basah
Desember	285,9	Basah
Rata-Rata	255,2	

Pada musim kemarau Juni s.d. September, dihitung volume tempat penyimpanan air hujan pada rumah tipe 45 dan 54 dengan ukuran yang sesuai sehingga dapat memenuhi kebutuhan air untuk minum memasak, mandi dan kakus serta cuci pakaian selama 4 bulan (122 hari). Kapasitas tempat penampungan dihitung dengan menggunakan persamaan (3):

- Rumah tipe 45

$$\text{Kapasitas penampungan} = 122 \text{ hari} \times 5 \text{ orang} \times 46,5 \text{ l/o/h} = 28,37 \text{ m}^3$$

- Rumah tipe 54

$$\text{Kapasitas penampungan} = 122 \text{ hari} \times 5 \text{ orang} \times 51,5 \text{ l/o/h} = 31,42 \text{ m}^3$$

Didapat ukuran tempat penampungan yang optimal sebesar 28,37 m³. Mempertimbangkan faktor keamanan, ukuran tampungan dibulatkan menjadi 29 m³. Pada rumah tipe 54 dengan asumsi yang sama dengan rumah tipe 45 didapat ukuran tempat penampungan yang optimal sebesar 31,42 m³.

Tabel 8. Alternatif dimensi tempat penampungan air hujan pada sistem *green roof*

Kebutuhan Air (L/O/H)	Lama Hari Tanpa Hujan (Hari)	Ukuran Tempat Penampungan (m ³)
12,0	9	0,54
	29	1,74
	47	2,82
	122	7,32
26,5	9	1,19
	29	3,84
	47	6,23
	122	16,17
51,5	29	7,47
	47	12,10
	122	31,42
63,5	9	2,86
	29	9,21
	47	14,92
	122	38,74

Pada Tabel 8 (Hasil Perhitungan, 2013) berisi hasil perhitungan dimensi tempat penampungan. Tempat penampungan dapat dibuat khusus ataupun langsung dibeli di pasaran, mengingat saat ini sudah banyak dijual tempat penampungan air hujan pabrikan yang terbuat dari plastik atau *fiberglass*. Tabel 9 (Hasil Survei 2013) berisi volume dan dimensi tempat penampungan air hujan (tangki air) berbahan *Polyethylene* yang ditawarkan di pasaran.

Tabel 9. Dimensi Tempat Penampungan yang Tersedia

Volume m ³	Diameter (m)	Tinggi (m)
0,52	0,83	1,110
0,65	0,83	1,285
0,80	0,83	1,700
1,05	1,06	1,265
1,20	1,06	1,395
1,55	1,16	1,575
2,00	1,76	1,000
2,00	1,44	1,485
2,25	1,44	1,665
3,10	1,44	2,110
4,10	1,76	2,125
5,10	1,80	2,150
8,00	2,14	2,410
11,00	2,14	3,360
16,00	2,75	3,000
20,00	2,75	3,800
22,50	2,75	4,100
25,00	3,50	3,000
30,00	3,50	3,550

Setelah membandingkan hasil perhitungan pada Tabel 8 dan dimensi tempat penampungan yang tersedia pada Tabel 9 serta mempertimbangkan segi keandalannya. Maka dipilih untuk memasang dua tempat penampungan berukuran 4,1 m³ dengan diameter 1,760 m dan tinggi 2,125 m yang dipasang pada masing-masing bagian sisi talang. Tangki ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan sebesar 51,5 Liter/Orang/Hari selama 29 hari kering (rata-rata hari tanpa hujan maksimum).

Setelah hari kering terlewati, diperkirakan hujan akan turun dan mengisi tangki air kembali. Jika hujan yang turun setelah kekeringan memiliki curah hujan sebesar curah hujan rata-rata dalam periode tahun 1981-2010, maka lama waktu yang diperlukan untuk mengisi tangki sampai penuh dapat

diperkirakan sesuai dengan perhitungan pada Tabel 10 (Hasil Perhitungan, 2013) dimana rata-rata hitung curah hujan harian pada periode tahun 1981-2010 adalah 15,7 mm/hari.

Tabel 10. Perhitungan Waktu Pengisian Tangki

Rumah	Curah Hujan Harian Rata-Rata (mm/hari)	A	Q	Volume Tangki	Waktu Untuk Memenuhi Tangki (hari)
Tipe 45	15,7	65,70	0,464	8,20	18
Tipe 54	15,7	80,68	0,570	8,20	15

Berdasarkan Tabel 10 diketahui bahwa waktu yang diperlukan untuk mengisi tangki pada rumah tipe 45 hingga penuh adalah 18 hari. Sedangkan tangki pada rumah tipe 54, tangki dapat diisi sampai penuh dalam waktu lebih cepat yaitu 15 hari. Setiap harinya diperkirakan air yang dapat dialirkan ke dalam tangki adalah 0,464 m³ pada rumah tipe 45 dan 0,570 m³ pada rumah tipe 54. Volume ini cukup untuk memenuhi kebutuhan penghuni rumah sebesar 51,5 Liter/Orang/Hari.

Kondisi tangki dapat diletakkan langsung diatas tanah. Jika tangki terisi penuh, maka tinggi tekan (*head*) air didalam tangki adalah 2,125 m. Ketinggian ini cukup untuk membuat air mengalir pada keran yang pada umumnya ada di posisi setinggi 1 m dari permukaan tanah. Namun lebih baik lagi apabila tangki dipasang di atas menara setinggi 0,95 m, sehingga ketika isi tangki hanya sedikit (tepat berada sejajar dengan pipa yang menghubungkannya dengan keran) pun air masih dapat mengalir ke keran.

Sisa tekanan air pada keran (*head available*) dapat dihitung dengan mengurangi *head* air dalam tangki (selisih tinggi permukaan air dengan posisi keran) baik kehilangan tekan akibat gesekan (*major losses*), maupun aksesoris perpipaan (*minor losses*). Sebelum menghitung besarnya kehilangan-kehilangan tersebut, perlu dilakukan identifikasi kecepatan aliran air dalam pipa dengan menggunakan persamaan (15), didapat kecepatan aliran (*v*) dalam tangki setinggi (*h*) 2,125 m adalah 6,46 m/s.

Pipa yang digunakan untuk mengalirkan air dari tangki ke keran kamar mandi adalah pipa PVC 1,5 inci (0,0381 m) sepanjang 17 cm dengan kekasaran absolut (*k*) 0,15 x 10⁻⁵ m. Berikut ini adalah perhitungan kehilangan mayor dan minor yang terjadi didalamnya:

a. Kehilangan Mayor

Nilai kehilangan mayor yang dihitung dengan menggunakan persamaan (13) adalah:

$$h_f = 0,015 \cdot \frac{0,25}{0,0381} \cdot \frac{(6,46)^2}{2,9,81} = 0,209 \text{ m}$$

b. Kehilangan Minor

Pada pengaliran air dari tangki ke keran terjadi kehilangan minor akibat inlet pipa (*outlet* tangki) dan keran pelat. Koefisien kehilangan (*K*) akibat inlet pipa adalah 0,5 dan koefisien akibat keran adalah 0,2. Berikut ini adalah perhitungan kehilangan minor dengan menggunakan persamaan (14).

- Kehilangan minor pada inlet

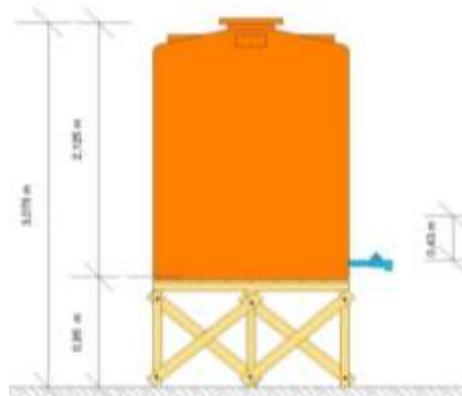
$$h_k = 0,5 \frac{(6,46)^2}{2,9,81} = 1,063 \text{ m}$$

- Kehilangan minor akibat keran

$$h_k = 0,2 \frac{(6,46)^2}{2,9,81} = 0,425 \text{ m}$$

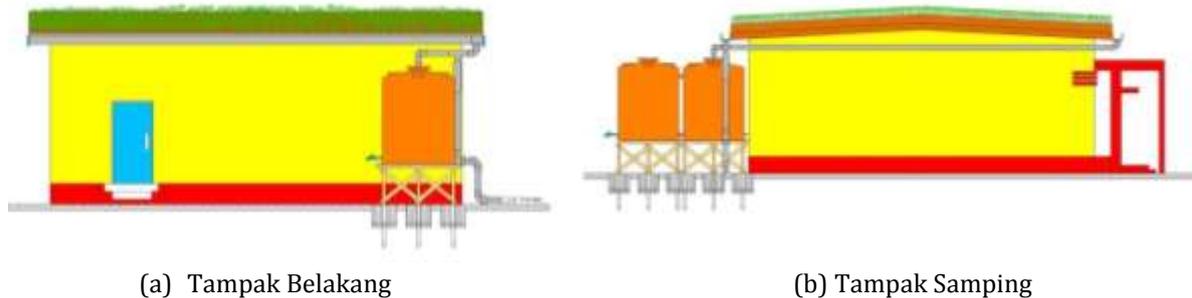
Melalui perhitungan diatas maka total kehilangan minor pada pipa adalah 1,488 m. Setelah diketahui besar kehilangan yang terjadi pada penyaluran air dari tangki ke keran di kamar mandi, dihitung besar sisa tekan pada keran dengan menggunakan persamaan (12).

$$H_{available} = 2,125 \text{ m} - (0,209 \text{ m} + 1,488 \text{ m}) = 0,428 \approx 0,43 \text{ m}$$



Gambar 3. Posisi ketinggian tangki, keran dan *head* aliran

Gambar 3 adalah skema perjalanan aliran air dalam pipa dengan pengurangan tekanannya. Tempat penampungan air dipasang di dekat talang pada bagian belakang rumah. Pemasangan alat ini hanya akan menggunakan luasan tanah sebesar 2 m x 4 m. Ilustrasi sistem pemanenan air hujan pada *green roof* ditunjukkan oleh gambar (4).



Gambar 4. Ilustrasi sistem pemanenan air hujan pada *green roof*

8. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, sistem pemanfaatan air hujan dengan menggunakan *green roof* dapat dikatakan handal karena mampu memenuhi kebutuhan primer pada kedua tipe rumah. Sistem pemanfaatan air hujan yang dapat diandalkan untuk memenuhi kebutuhan penghuni rumah tipe 45 adalah 46,5 Liter/Orang/Hari, angka kebutuhan ini dapat digunakan untuk minum, memasak, mandi dan kakus, serta mencuci pakaian. Sistem pemanfaatan air hujan pada rumah tipe 54 dapat diandalkan untuk memenuhi kebutuhan air sebesar 51,5 Liter/Orang/Hari yang meliputi penggunaan air untuk keperluan minum, memasak, mandi, kakus, cuci pakaian, hingga mencuci alat dapur.

Rancangan pada sistem pemanfaatan air hujan adalah sebagai berikut:

- Talang air hujan berdimensi 6 inchi yang dipasang di sepanjang kaki atap baik di sisi depan dan bagian belakang. Dihubungkan ke tempat penampungan dengan pipa vertikal berukuran 3 inchi. Sistem ini juga dilengkapi dengan pemisah aliran yang dihubungkan dengan talang vertikal tersebut, sehingga air yang mengandung partikel pencemar dapat dibuang terlebih dahulu sebelum dilakukan pengisian tangki.
- Tempat penampungan air hujan yang dapat menampung air sebanyak 8,2 m³ berupa 2 buah tangki air *polyethylene* 4,1 m³ yang berukuran sama, yaitu diameternya 1,760 m dan tingginya 2,125 m.
- Penyangga tempat penampungan berdimensi 4 m x 2 m x 0,95 m yang terbuat dari kayu.

Pustaka

- Feriadi, H., Frick, H. 2008. **Atap Bertanaman Ekologis dan Fungsional**. Yogyakarta: Kanisius.
- Frick, Heinz/Setiawan, Pujo L.2002. **Ilmu Konstruksi Perlengkapan dan Utilitas Bangunan**. Yogyakarta: Kanisius.
- Gould, J. Dan Nissen-Petersen,E.2006. **Rainwater Catchment Systems for Domestic Supply**. Wawickshare, UK: ITDG Publishing.
- Mendez, C.B., Afshar, B.R., Kinney, K., Barrett, M.E., Kirisits, M.J. 2010. **Effect of Roof Material on Water Quality for Rainwater Harvesting System**. Texas Water Development Board Report, Austin, Texas.
- Muthmainnah, F.A. 2011. **Analisa dan Rancangan Sistem Pemanfaatan Air Hujan Pada Perumahan di Kota Pontianak (Studi Kasus di D'Busni Resident**. Pontianak: Universitas Tanjungpura.
- Sakong, S.K.S. 2012. **Pemanfaatan Green roof Sebagai Media Filter Air Hujan Di Kota Pontanak**. Pontianak: Universitas Tanjungpura