

Kapasitas Penampung Optimum Dan *Payback Period* Penerapan Sistem Pemanenan Air Hujan Pada Permukiman

Hendri Widianoni¹, Masayu Widiastuti¹, Budi Haryanto¹

¹ Jurusan Teknik Sipil, Universitas Mulawarman

Korespondensi : hwdiantoni@gmail.com

ABSTRAK

Akses air bersih belum merata di beberapa wilayah Samarinda, sedangkan curah hujan bulanan Samarinda cukup tinggi yaitu 213,9 mm pada tahun 2017. Air hujan dapat dipanen untuk menjadi alternatif sumber air bersih. Selain itu, *runoff* dapat dikurangi dengan memanen air hujan maka penelitian ini dilakukan menggunakan beberapa skenario untuk mencari sistem pemanenan air hujan (SPAH) terbaik untuk permukiman. Data curah hujan harian kota Samarinda selama 5 tahun (2015-2019) digunakan dalam studi ini. SPAH disimulasikan pada 15 kelompok pengguna dengan luas atap mulai dari 36 m² sampai 120 m² dan jumlah penghuni 2-5 orang. SPAH juga disimulasikan menggunakan tangki dengan ukuran yang berbeda-beda yang tersedia di pasaran. Kapasitas penampung optimum ditentukan berdasarkan biaya air per tahun yang paling rendah dengan tolak ukur harga air dari PERUMDAM Tirta Kencana (perusahaan air minum). Kapasitas tangki yang optimum digunakan berkisar antara 1200-3600 liter. Saat tangki optimum digunakan, SPAH dapat menyuplai kebutuhan air sebanyak 23,7% sampai 75,5% dan waktu pengembalian biaya instalasi mulai dari 12 tahun sampai 19 tahun.

Kata kunci: Suplai Air, Sistem Pemanenan Air Hujan, Kapasitas Penampung Optimum, *Payback Period*

ABSTRACT

Access to clean water is not evenly distributed in some areas of Samarinda, while Samarinda's monthly rainfall is quite high, namely 213.9 mm in 2017. Rainwater can be harvested as an alternative source of clean water. In addition, runoff can be reduced by harvesting rainwater, so this study was conducted using several scenarios to find the best rainwater harvesting system (RWH System) for residences. Samarinda daily rainfall data for 5 years (2015-2019) is used in this study. SPAH was simulated on 15 user groups with roof area ranging from 36 m² to 120 m² and the number of occupants 2-5 people. RWH System is also simulated using different tank sizes that available in the market. The optimum tank size is determined based on the lowest annual water cost with the water price benchmark from PERUMDAM Tirta Kencana (public water company). The optimum tank capacity used ranges from 1200-3600 liters. When the optimum tank is used, the SPAH can supply 23.7% to 75.5% of water needs and the payback period of the installation is from 12 years to 19 years.

Keyword : Water Supply, Rainwater Harvesting System, Optimum Tank Size, Payback Period

1. PENDAHULUAN

Air sangat penting bagi kehidupan terutama bagi manusia. Di Samarinda, sumber utama air bersih berasal dari Sungai Mahakam. Air tersebut diolah menjadi air bersih dan didistribusikan oleh PERUMDAM Tirta Kencana. Namun akses air bersih masih belum didapatkan di beberapa wilayah karena berbagai alasan, sedangkan curah hujan bulanan Samarinda cukup tinggi yaitu 213,9 mm pada tahun 2017. Air hujan tersebut dapat dipanen untuk menjadi alternatif sumber air bersih. Kualitas air hujan masuk dalam standar air bersih namun tidak dapat langsung diminum [1].

Selain itu, memanen air hujan dapat mengurangi biaya pemakaian air PDAM dan *runoff* yang dapat menyebabkan banjir[2]. Untuk dapat memanen air hujan diperlukan biaya awal yang cukup besar maka perlu diperhitungkan instalasi SPAH sebaik mungkin. Memanen air hujan dengan tangki yang lebih besar dari optimumnya akan memberikan nilai ekonomi yang negatif. [3].

Struktur utama dari pemanenan air hujan adalah mengumpulkan, menyimpan dan memanfaatkan air hujan. Air hujan dikumpulkan oleh atap kemudian disalurkan ke tempat penyimpanan. Saat diperlukan air hujan yang telah disimpan dialirkan ke tempat penggunaan air.

Parameter yang digunakan untuk menganalisis kinerja dari SPAH adalah *inflow*, *overflow* dan *yield*. Kemungkinan urutan kejadian antar parameter tersebut dapat menggunakan 2 algoritma yang dapat digunakan untuk memahami perilaku SPAH yaitu *Yield Before Spillage* (YBS) dan *Yield Before Spillage* (YAS)[4]. Secara sederhana algoritma YBS adalah saat terjadi hujan, dilakukan pemanenan atau penggunaan

air hujan terlebih dahulu sebelum air tersebut memenuhi tangki dan kemudian tumpah. Sedangkan algoritma YAS adalah kebalikannya dari YBS. Air hujan dibiarkan memenuhi tangki dan tumpah terlebih dahulu kemudian baru digunakan. Pada kenyataannya kedua algoritma tersebut mungkin terjadi namun YAS lebih konservatif digunakan dalam menilai kinerja SPAH [5].

Kinerja SPAH juga ditentukan banyaknya penggunaan air. Kebutuhan air untuk golongan rumah menengah berkisar 146-155 liter/orang/hari [6], sedangkan menurut SNI minimum sebanyak 120 liter/orang/hari [7]. Berdasarkan referensi diatas ditentukan kebutuhan air yang akan digunakan dalam penelitian ini ialah sebanyak 150 liter/orang/hari.

Studi ini menggunakan atap rumah sebagai *cacthment area*. Atap rumah yang digunakan untuk menangkap air hujan perlu dibersihkan dari debu-debu halus dan polutan lainnya sebelum digunakan untuk memanen air hujan. Cara termudahnya ialah dengan membuang air hujan yang turun pertama kali setiap kali terjadi hujan atau disebut *first flush*. Terdapat tiga referensi banyaknya air hujan yang perlu dibuang yaitu 0,33 mm [8], sebanyak 0,5-1,5 mm [9] dan menurut Texas Water Development Board minimal 0,4mm harus dibuang agar kualitas air tidak tercemar polutan dan debu-debu halus di atap rumah [10]. Berdasarkan referensi diatas maka digunakan 0,5 mm untuk membersihkan atap dalam studi ini.

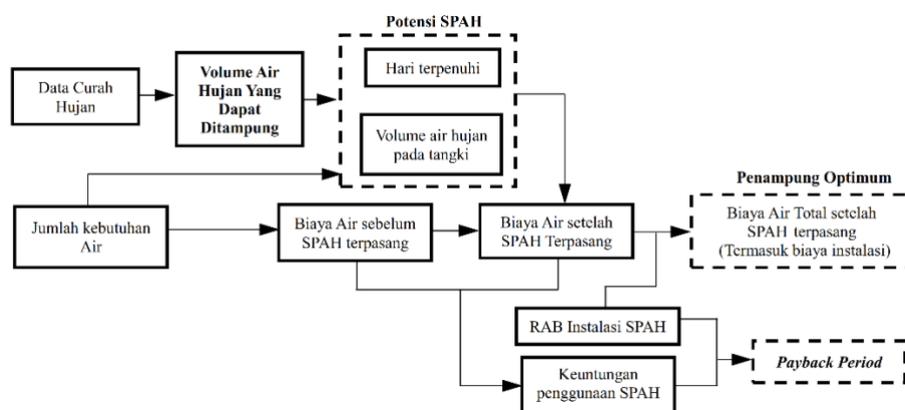
Koefisien pengaliran atau *runoff* merupakan nilai yang menunjukkan banyaknya air yang dapat mengalir pada permukaan suatu bidang. Nilai 0 berarti bahwa permukaan tersebut menyerap seluruh air yang berada di permukaannya, dan sebaliknya nilai 1 berarti permukaan tersebut tidak menyerap air sama sekali. Berdasarkan panduan koefisien *runoff* yang dibuat oleh kementerian pendidikan, budaya, olahraga, sains dan teknologi jepang, koefisien *runoff* untuk atap ialah 1 [11]. Namun menurut Mc Guen, koefisien *runoff* bernilai 0,75-0,95 [12]. Berdasarkan dua sumber di atas maka dalam penelitian ini menggunakan koefisien *runoff* 0,9 yang dapat mewakili kedua sumber tersebut. Selain itu juga untuk mengantisipasi adanya kebocoran atap.

2. METODE PENELITIAN

Sistem Pemanenan Air Hujan disimulasikan pada beberapa kelompok pengguna yaitu variasi antara luas atap dan jumlah penghuni di permukiman. Kelompok tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Selain itu tangki juga digunakan volume yang bervariasi sesuai dengan ketersediaan dipasaran yaitu 1,2 m³, 1,2 m³, 2,4 m³, 3,6 m³, 5,5 m³, dan 11 m³. Simulasi dilakukan setiap harinya selama 5 tahun menggunakan data curah hujan Samarinda 2015-2019. Penentuan tangki optimum berdasarkan pada biaya air paling murah dengan memasukkan biaya instalasi ke dalam perhitungan biaya air dengan tolak ukur tarif air PDAM.

Tabel 1. Kelompok Pengguna SPAH

Luas atap	Jumlah Penghuni			
	2 org	3 org	4 org	5 org
36 m ²	✓	✓	✓	-
45 m ²	✓	✓	✓	-
70 m ²	-	✓	✓	✓
90 m ²	-	✓	✓	✓
120 m ²	-	✓	✓	✓



Gambar 1. Skema Perhitungan

Secara sederhana skema perhitungan dapat disederhanakan menjadi skema. Adapun skema pada penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 1 di atas. Dalam simulasi, air PDAM dianggap selalu mengalir saat

ketersediaan air hujan tidak mencukupi kebutuhan air penghuni rumah. SPAH didesain secara sederhana namun masih memenuhi standar kualitas dan ketahanan dengan menambahkan *first flush* dan saringan debu sebelum air masuk ke penyimpanan. Bahan dan peralatan yang digunakan diasumsikan bertahan selama 20 tahun dengan perawatan sederhana.

Perhitungan dilakukan setiap hari menggunakan persamaan (1) berikut untuk mendapatkan volume air hujan yang dapat ditampung.

$$R_{eff} = (RR - FF) \times A \times C \quad (1)$$

Dengan R_{eff} adalah volume air hujan yang berhasil ditangkap atau dapat ditampung. RR adalah curah hujan dan FF koefisien *first flush*. Sedangkan A dan C adalah luas atap dan koefisien *runoff* atap rumah. Selanjutnya dihitung jumlah hari yang kebutuhan airnya terpenuhi oleh air hujan menggunakan persamaan (3) dan juga volume air pada tangki menggunakan persamaan (4). Sebelumnya digunakan penyederhanaan persamaan (2) dengan simbol X untuk memudahkan dalam membacanya.

$$X = V_{t-1} + R_{eff} - D_t \quad (2)$$

$$\text{Hari terpenuhi} = \begin{cases} 0 & ; X < 0 \\ 1 & ; X \geq 0 \end{cases} \quad (3)$$

$$V_t = \begin{cases} V_{t-1} + R_{eff} & ; V_{t-1} + R_{eff} < D_t \\ X & ; D_t < V_{t-1} + R_{eff} < V_{max} \\ V_{max} - D_t & ; V_{t-1} + R_{eff} > V_{max} \end{cases} \quad (4)$$

Dengan V_t dan V_{t-1} adalah volume tangki pada akhir hari saat t dan $t-1$, sedangkan V_{max} dan D_t adalah kapasitas tangki maksimum dan kebutuhan air.

Untuk perhitungan rancangan anggaran biaya (RAB) menggunakan standar SNI [13] dan analisis manual dalam menentukan harga satuan pekerjaan, sedangkan harga yang digunakan merupakan harga lokal Samarinda. Untuk menghitung *payback period* menggunakan persamaan (5) di bawah ini [14].

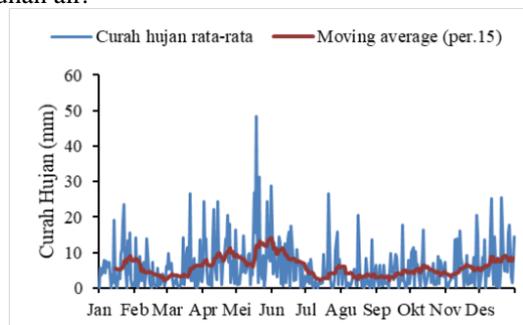
$$0 = -P + \sum_{t=1}^{N'} At \quad (5)$$

Dengan P biaya awal untuk instalasi SPAH, sedangkan N dan At adalah lama waktu pengembalian dan Keuntungan yang didapatkan setelah pemasangan SPAH.

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1. Menentukan Kapasitas Penampung Optimum

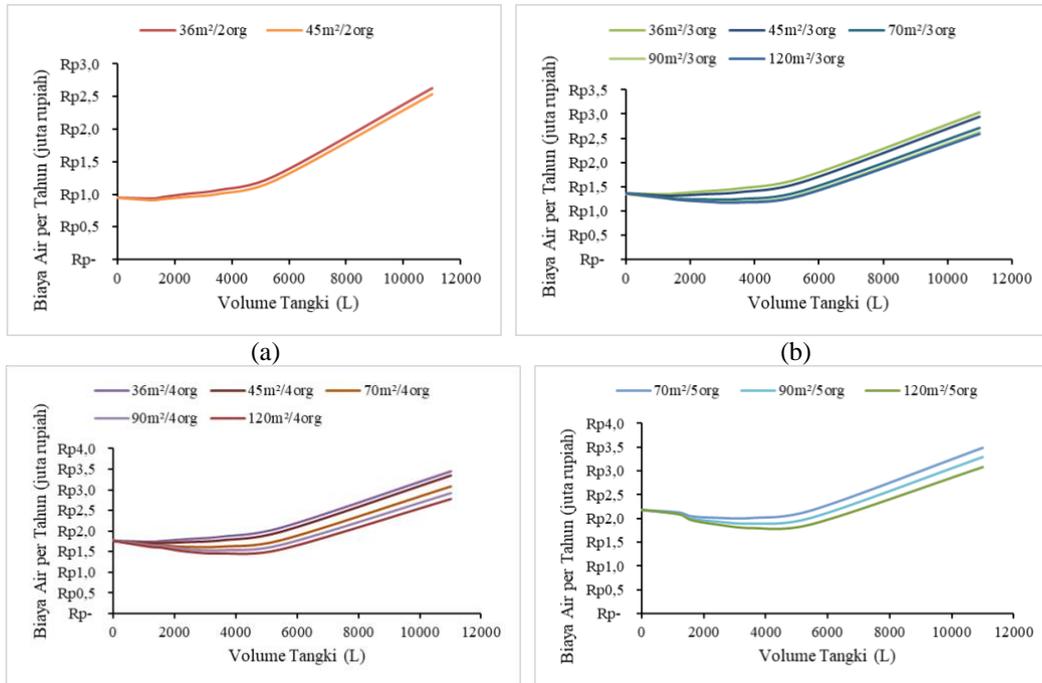
Samarinda merupakan kota yang berada dekat dengan katulistiwa yang memiliki hari hujan hampir sepanjang tahun. Data curah hujan Samarinda selama 5 tahun rata-ratanya dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini. Data tersebut menunjukkan bahwa dalam 5 tahun hari hujan hampir selalu. Ini sangat potensial untuk dilakukan pemanenan air hujan, dengan hujan yang sering terjadi, volume penampung menjadi lebih kecil dalam memenuhi kebutuhan air.



Gambar 2. Curah hujan rata-rata (2015-2019)

Untuk memudahkan dalam memahami hasil penelitian ini maka tangki optimum diperlihatkan terlebih dahulu sebelum pembahasan lainnya. Dalam menentukan kapasitas penampung optimum, biaya air per tahun yang paling rendah yang akan menjadi dasar dalam penentuannya. Biaya instalasi SPAH akan dimasukkan kedalam biaya ini dengan cara membagi biaya instalasi dengan umur ketahanan instalasi. Hasil

perhitungan ini akan ditampilkan dalam grafik yang disusun berdasarkan jumlah penghuni. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 3. Umumnya tarif air PDAM di Indonesia menggunakan skema subsidi silang, namun untuk menyetarakan kondisi pembiayaan instalasi SPAH yang mana tidak diberi subsidi maka digunakan harga air nonsubsidi, yaitu tarif air awal PDAM sebelum masuk ke dalam skema subsidi silang.



Gambar 3. Tangki optimum dengan penghuni (a) 2 orang, (b) 3 orang, (c) 4 orang dan (d) 5 orang

3.2. Kebutuhan Air Terpenuhi Dengan Memanen Air Hujan

Jumlah kebutuhan air per tahun untuk jumlah penghuni tertentu dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan air penghuni pada permukiman

Jumlah penghuni	Kebutuhan air per tahun (m ³)
2 orang	109,5
3 orang	164,3
4 orang	219,0
5 orang	273,8

Saat menggunakan tangki optimum, memanen air hujan dapat menyuplai air bersih sebanyak 23,7% sampai 75,5% dari kebutuhan air tahunan. Lebih detailnya dapat melihat pada Tabel 3 di bawah ini.

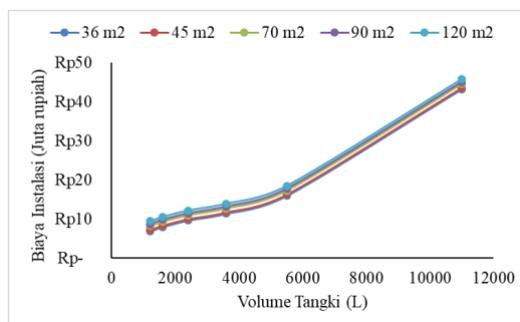
Tabel 3. Suplai air hujan untuk kebutuhan air bersih

Luas atap /penghuni	Persentase kebutuhan air terpenuhi	Ukuran Tangki
36 m ² /2org	45,6	1200 L
36 m ² /3org	31,0	1200 L
36 m ² /4org	23,7	1200 L
45 m ² /2org	50,7	1200 L
45 m ² /3org	35,0	1200 L
45 m ² /4org	26,6	1200 L
70 m ² /3org	56,5	2400 L
70 m ² /4org	45,2	2400 L
70 m ² /5org	41,3	3600 L
90 m ² /3org	70,0	3600 L
90 m ² /4org	57,9	3600 L
90 m ² /5org	48,4	3600 L
120 m ² /3org	75,5	3600 L
120 m ² /4org	64,4	3600 L
120 m ² /5org	55,3	3600 L

3.3. Biaya Instalasi SPAH

Biaya instalasi SPAH merupakan biaya yang perlu dikeluarkan diawal saat ingin memasang instalasi SPAH. Komponen biaya terbesar dalam instalasi ini terdapat pada biaya tangki, talang air dan juga pompa

listrik. Desain SPAH ini menggunakan pompa listrik untuk mendistribusikan air hujan. Pompa listrik menjadi pilihan yang paling baik karena untuk pembuatan menara air dari kayu memakan biaya yang sedikit lebih besar, namun jika tetap ingin menggunakan menara air penelitian ini masih relevan. Keseluruhan biaya ini dapat digambarkan menjadi grafik seperti pada Gambar 4. Dapat dilihat pada gambar tersebut, biaya instalasi akan terus meningkat seiring dengan bertambahnya volume tangki. Perbedaan luasan atap juga mempengaruhi biaya instalasi namun tidak sebesar biaya tangki. Sedangkan biaya instalasi SPAH saat menggunakan ukuran tangki yang optimum dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 4. Biaya instalasi SPAH

Tabel 4. Biaya instalasi saat menggunakan tangki optimum

Luas atap	Kapasitas Tangki	Biaya Instalasi
36 m ²	1200 L	Rp 6.839.940
45 m ²	1200 L	Rp 7.192.945
70 m ²	2400 L	Rp 10.976.359
70 m ²	3600 L	Rp 12.738.359
90 m ²	3600 L	Rp 13.241.433
120 m ²	3600 L	Rp 13.975.310

3.3. Payback Period

Payback Period atau lama waktu pengembalian biaya dihitung berdasarkan keuntungan yang didapat setelah menggunakan SPAH dengan tolak ukur biaya air per tahun sebelum pemasangan. Keuntungan ini tidak memasukkan biaya instalasi ke dalam perhitungannya sehingga keuntungan ini murni manfaat ekonomi yang didapatkan setelah memanen air hujan.

Payback period saat memanen air hujan menggunakan tangki yang optimum dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini. Dapat diketahui bahwa waktu pengembaliannya berkisar antara 13-19 tahun. Jika dibandingkan dengan Perlu diingat bahwa manfaat yang dihitung dalam penelitian ini hanya berupa air bersih. Terdapat manfaat lain dari memanen air hujan yang memerlukan penelitian lanjutan.

Tabel 5. *Payback period* instalasi SPAH

Luas atap /penghuni	Lama waktu pengembalian	Ukuran Tangki
36 m ² /2org	19 tahun	1200 L
36 m ² /3org	19 tahun	1200 L
36 m ² /4org	18 tahun	1200 L
45 m ² /2org	18 tahun	1200 L
45 m ² /3org	18 tahun	1200 L
45 m ² /4org	17 tahun	1200 L
70 m ² /3org	17 tahun	2400 L
70 m ² /4org	16 tahun	2400 L
70 m ² /5org	16 tahun	3600 L
90 m ² /3org	16 tahun	3600 L
90 m ² /4org	15 tahun	3600 L
90 m ² /5org	14 tahun	3600 L
120 m ² /3org	16 tahun	3600 L
120 m ² /4org	14 tahun	3600 L
120 m ² /5org	13 tahun	3600 L

4. KESIMPULAN

Penelitian ini mencari ukuran tangki yang optimal digunakan pada sistem pemanenan air hujan di permukiman. Tangki yang optimal ditentukan berdasarkan biaya air tahunan termurah dengan memasukkan biaya instalasi ke dalam perhitungannya. Data curah hujan harian selama 5 tahun (2015-2019) digunakan untuk mensimulasikan keadaan sistem pemanenan yang sebenarnya. Sistem ini juga disimulasikan digunakan pada 15 kelompok yang berbeda-beda luasan atap dan juga penghuninya. Luasan atap yang disimulasikan mulai dari 36 m² sampai dengan 120 m² sedangkan untuk penghuni berjumlah 2-5 orang.

Perhitungan yang telah dilakukan menunjukkan tangki yang optimal digunakan pada permukiman khususnya daerah yang curah hujannya mirip dengan kota Samarinda yaitu 1200 liter, 2400 liter dan 3600 liter. Tangki 1200 liter optimal digunakan pada kelompok dengan luasan atap 36 m² dan 45 m² yang mana jumlah penghuninya 2-4 orang. Kelompok 70m²/3org dan 70m²/4org lebih cocok menggunakan tangki berukuran 2400 liter dalam SPAH-nya, sedangkan kelompok lainnya optimal menggunakan tangki 3600 liter.

Saat tangki optimum digunakan, memanen air hujan mampu menyuplai kebutuhan air bersih tahunan sebesar 23,7% sampai dengan 75,5%. Ini dapat diartikan memanen air hujan mampu mengurangi penggunaan air PDAM sampai dengan angka tersebut yang tentu saja akan mengurangi biaya air PDAM. Biaya yang diperlukan untuk mencapai manfaat tersebut mulai dari Rp 6.839.940 pada luasan atap 36 m² sampai dengan Rp13.975.310 pada pengguna dengan luas atap 120 m². Biaya tersebut diperhitungkan dapat kembali dalam waktu 13-19 tahun.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada BMKG yang telah menyediakan data curah hujan harian secara *online* khususnya untuk wilayah samarinda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Juliana IC, Kusuma MSB, Cahyono M, Kardhana H, Widjaja M. *Rainwater Quality and Quantity Analysis for Rainwater Harvesting System Implementation*. Proceeding Joint International Conference of The 3rd PlanoCosmo & The 10th SSMS. Bandung. 2015;36: 485-494.
- [2] Juliana IC, Kusuma MSB, Cahyono M, Kardhana H, Cindy M. *The Effect of Rainwater Harvesting System Implementation on Hydrological Parameter in Residential Area*. Proceedings International Conference On Ecohydrology (ICE). Yogyakarta. 2014;28: 289-298.
- [3] Nguyen VM, Ichikawa Y, Ishidaira H. Exploring optimal tank size for rainwater harvesting systems in Asian tropical climates. *Hydrological Research Letters*. 2018; 12(1): 1-6.
- [4] Jenkins D, Pearson F. *Feasibility of Rainwater Collection Systems in California*. California. Water Resources Center, University of California. 1978
- [5] Liaw CH, Tsai Y. Optimum storage volume of rooftop rain water harvesting systems for domestic use. *JAWRA*. 2004; 40(4): 901-912
- [6] Sutjahjo N, Anggraini F, Pamekas R. Konsumsi Dan Pelanggan Air Minum Di Kota Besar Dan Metropolitan. *Jurnal Permukiman*. 2011; 6(3): 138-146.
- [7] Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-7065-2005. *Tata cara perencanaan sistem plambing*. Jakarta. 2005.
- [8] Yaziz MI, Gunting H, Sapari N, Ghazali AW. Variations in rainwater quality from roof catchments. *Water Research*. 1989; 23(6): 761-765.
- [9] Ayatri R, Fajar M, Zurfi A. Perencanaan Sistem Pemanenan Air Hujan sebagai Alternatif Penyediaan Air Bersih Gedung Asrama TB 4 ITERA. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 2021; 2(2): 93-101.
- [10] Texas Water Development Board. *The Texas Manual on Rainwater Harvesting*. Austin. 2005
- [11] Tsutsumi A, Jinno K, Berndtsson R.. Surface and Subsurface Water Balance Estimation by the Groundwater Recharge Model and a 3-D Two-Phase Flow Model. *Hydrological Sciences Journal*. 2004; 49(2): 205-226.
- [12] Suripin. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta. Andi Offset. 2003.
- [13] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. 28/PRT/M/2016. *Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*. Jakarta. 2016.
- [14] Pujawan IN. *Ekonomi Teknik*. Yogyakarta. Lautan Pustaka. 2019.