



Research Article

ANALISIS TARIF AIR PDAM UNTUK KELAYAKAN PENERAPAN SISTEM PEMANENAN AIR HUJAN PADA SKALA RUMAH TANGGA

Imroatul Chalimah Juliana^{1*)}, Taufik Ari Gunawan¹⁾, Siti Aisyah Nurjannah¹⁾, dan Eric Ho¹⁾¹⁾ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Ogan Ilir, Indonesia

Received: 7 December 2021, Accepted: 9 August 2023, Published: 22 August 2023

Abstract

The limited availability of clean water is a problem that often occurs lately. Water use continues to increase due to population growth and technological developments. The availability of abundant rainwater and the application of a rainwater harvesting system are alternatives for water fulfillment as water supplies are limited. Rainwater harvesting system performance simulation modeling is essential in deciding the suitability of rainwater harvesting systems. In this study, the rainwater harvesting system simulation modeling was carried out using the Yield Before Spillage (YBS) algorithm in 3 cities in Indonesia (Palembang City, Bogor City, and Mataram City). This assessment considers 5 combinations of demand, 5 combinations of catchment area, 5 tank capacities, and 3 applicable water rates, resulting in 1,875 different value configurations. The performance and potential assessment of the rainwater harvesting system are determined by Water Saving Efficiency and Timetric Reliability, while the financial assessment is determined using the payback period and benefit-cost ratio. Benefits are derived from the potential for water savings with a rainwater harvesting system which is converted into financial savings according to the prevailing water rates and costs are determined based on the initial installation costs of the rainwater harvesting system. The results of this study indicate that the city of Bogor with an average rainfall of 3805.95 mm/year has the highest WSE rate of 100% and the fastest payback period is 4 years. Palembang City with an average rainfall of 2551.57 mm has the highest WSE rate of 99,273% and the fastest payback period is 5.42 years. Mataram, with an average rainfall of 1661.79 mm, has the highest WSE rate of 91.752% and the fastest payback period is 8.17 years. Topographical conditions and rainfall greatly affect the performance of the rainwater harvesting system.

Key Words: benefit-cost ratio, payback period, rainwater harvesting, water saving efficiency, yield before spillage.

1. PENDAHULUAN

Terbatasnya ketersediaan air bersih menjadi masalah yang sering terjadi belakangan ini. Penggunaan air terus meningkat akibat pertambahan jumlah penduduk dan perkembangan teknologi yang terjadi. Kemampuan menyediakan sumber air bersih menjadi hal yang memprihatinkan ditengah meningkatnya kebutuhan air global (Fewkes, 2012). Berdasarkan UU RI No.7 tahun 2004, sumber air adalah semua air yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat. Air hujan menjadi salah satu alternatif dalam penyediaan air bersih di Indonesia. Hal ini didukung dengan data curah hujan di Indonesia yang cukup tinggi, yaitu sekitar 2000 mm/tahun – 4000 mm/tahun (Indriyanto, 2006). Potensi curah hujan tersebut dapat dimaksimalkan

dengan menerapkan sistem Pemanenan Air Hujan (PAH).

Konsep Pemanenan Air Hujan (PAH) adalah mengumpulkan, menyimpan dan memanfaatkan air hujan (Juliana, 2019). Umumnya PAH memiliki 5 elemen dasar, yaitu area pengumpulan air hujan (*catchment area*), sistem pengangkut yang terdiri dari pipa dan talang (*conveyance system*), fasilitas penyimpanan atau bak penampungan air hujan (*cistern*), sistem pengiriman seperti pompa dan kran, dan *filter*. Seiring perkembangan zaman konsep PAH mulai diterapkan sebagai alternatif untuk pemenuhan kebutuhan air baik sebagai sumber air utama maupun tambahan. Proses pemanfaatan air hujan berawal dari curah hujan yang ditangkap melalui suatu *catchment area*, kemudian disimpan dalam suatu tempat penampungan, dan digunakan pada saat dibutuhkan (Juliana et al., 2018).

PAH dapat memecahkan masalah air dalam batasan tertentu sehingga penggunaan air harus digunakan dengan baik dan tepat. PAH yang diterapkan sebagai bentuk penerapan *green building* akan sangat bermanfaat. PAH dapat menyimpan potensi air hujan yang terbuang percuma dan mengurangi kemungkinan banjir akibat limpasan air hujan yang besar (Aladenola & Adeboye, 2010). Penurunan muka air tanah dapat dikurangi dengan PAH (Maryono, 2016). PAH dapat menambah pasokan air tanah dan mengurangi intrusi air laut. Dengan diterapkannya PAH diharapkan keberadaan sumber air menjadi konstan seperti danau, sungai dan air bawah tanah yang fluktuatif akibat perubahan musim dan munculnya zat antropogenik yang mencemari sumber air. PAH dapat menjadi salah satu solusi.

Potensi pada sistem PAH sangat besar. Ketersediaan Air hujan yang melimpah dan penerapan sistem PAH merupakan alternatif pemenuhan air seiring persediaan air terbatas. Banyak manfaat yang di dapat dari penerapan sistem PAH. Oleh karena itu, perencanaan mengenai permodelan dan simulasi sistem PAH harus direncanakan dengan baik untuk mengoptimalkan manfaat yang ada.

Permodelan matematika tentang kinerja sistem PAH menjadi sangat penting dalam pengambilan keputusan kesesuaian sistem PAH. Banyak permodelan yang telah dikembangkan selama beberapa dekade terakhir untuk mendukung desain sistem PAH dengan mengoptimalkan luas atap dan kapasitas tangki yang ada untuk memenuhi kebutuhan. Jumlah air yang dipanen ditentukan dengan menghitung parameter berupa limpasan atap berupa air yang dipanen dan air yang meluap. Dalam penelitian ini tangki tertutup digunakan sehingga penguapan dan curah hujan tidak langsung mempengaruhi sistem.

Untuk mensimulasikan perilaku sistem yang lengkap, perhitungan volume air, jumlah air yang digunakan dan jumlah hari kebutuhan air terpenuhi kemudian diulang untuk serangkaian perhitungan secara terus menerus dari waktu ke waktu. Dengan cara ini, kapasitas tangki dapat dianalisis sehingga bermanfaat untuk pengambilan keputusan keuangan dan anggaran pembuatan sistem PAH pada skala rumah tangga maupun perumahan massal sehingga membuat pelaksanaan PAH tersebut layak. Sistem tersebut kemudian dianalisis kelayakannya menggunakan metode BCR (*Benefit-Cost Ratio*) dan *Payback Period*. Metode BCR (*Benefit-Cost Ratio*) dan *Payback Period* dipilih dengan pendekatan keuangan sehingga studi kelayakan lebih mudah dimengerti.

Penerapan sistem PAH menjadi layak untuk dipertimbangkan dan diteliti sehingga dibutuhkan

pendekatan khusus untuk tujuan analisis dan eksplorasi kelayakan ekonomi agar sistem PAH yang efisien dapat diadopsi. Halangan berupa biaya awal yang besar dibandingkan dengan tarif air di kota setempat menjadi salah satu hambatan yang ada. Jika dibandingkan dengan sistem PAH, penghematan dari konservasi air dalam hal biaya tambahan air ketika *supply* air terputus (kita bisa menggunakan cadangan air yang ada) adalah penggunaan perlengkapan air, juga mengurangi biaya operasional dan meningkatkan hasil dalam jangka panjang.

Pemanenan air hujan adalah suatu proses penangkapan, diversi dan penampungan air hujan untuk digunakan kembali dengan beragam tujuan, domestik, sumber air minum, irigasi dan resapan air kedalam tanah. Pada kehidupan sehari hari dapat kita temui aplikasi dengan skala kecil pemanenan air hujan. Penyaluran air dari atap rumah menggunakan talang air dan dikumpulkan kedalam tangki penampungan. Pada sistem yang lebih kompleks meliputi penyaluran air melalui talang air, sebelum masuk kedalam tangki penampungan air di buang dahulu sebagai pengelontor (*first flushing diverters*), kemudian disaring dan masuk pada unit pengolahan air untuk digunakan.

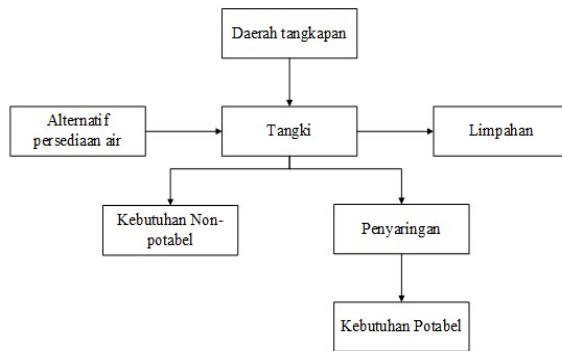
Pemanenan air hujan dari ruang lingkup implementasinya dapat dibedakan menjadi 2 kategori, yaitu:

1. Teknik Pemanenan air hujan dengan atap bangunan. Hasil pengumpulan air dari teknik pemanenan ini tidak terlalu signifikan. Oleh karena itu dibutuhkan perencanaan yang matang untuk mendapatkan hasil maksimal.
2. Teknik Pemanenan air hujan dengan permukaan tanah. Hasil pemanenan air dengan teknik ini biasanya digunakan untuk kebutuhan pertanian karena kualitas air yang didapat rendah. Penyaluran air dengan teknik ini biasa dilakukan dengan menggunakan bangunan *reservoir* seperti DAM, parit dan lain lain.

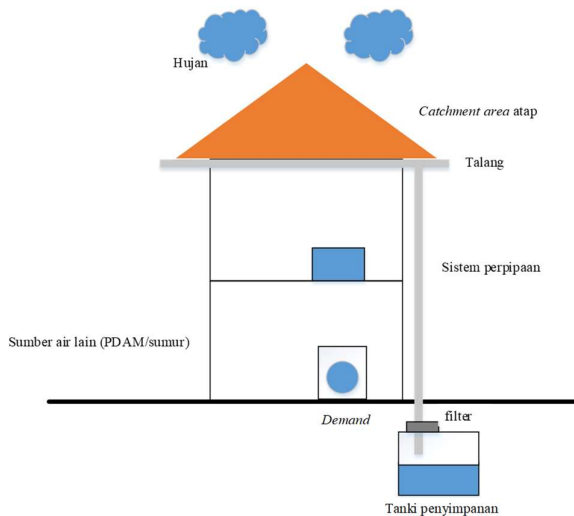
Pemanenan air hujan memiliki banyak kelebihan dan kekurangan. Kelebihan menggunakan pemanenan air hujan adalah meningkatkan ketersediaan air, mengurangi banjir perkotaan, konservasi lingkungan dan penghematan finansial. Sedangkan untuk kekurangan dari penggunaan pemanenan air hujan adalah efisiensi dipengaruhi oleh variasi spasial dan temporal hujan, sehingga mempengaruhi kinerja ekonomi. Untuk itu diperlukan pertimbangan yang matang untuk menggunakan sistem pemanenan air hujan.

Sistem pemanenan air hujan terdiri dari beberapa komponen dasar. Secara umum sistem pemanenan air hujan domestik ada lima komponen dasar yaitu daerah tangkapan hujan, tangki penyimpanan,

saringan atau filter, sistem jaringan pipa distribusi dan pompa. Untuk lebih lengkapnya, skema sistem PAH dapat dilihat pada Gambar berikut:



Gambar 1. Proses pemanenan air hujan



Gambar 2. Skema sistim RWH

Permodelan perilaku sistem PAH dilakukan untuk menunjukkan efek (hasil) dari proses yang bervariasi pada sistem. Hasil dari proses tersebut berupa kinerja sistem PAH yang sangat bergantung pada curah hujan, kapasitas tangki, luas area tangkapan dan penggunaan air (*demand*) pada sistem tersebut (Juliana et al., 2019). Permodelan ini digunakan untuk menunjukkan proses suplai, pemakaian air dan limpasan pada sistem.

Kinerja sistem PAH dinyatakan dalam dua parameter non dimensi yang dijadikan sebagai tolak ukur keberhasilan sistem yaitu *volume reliability* dan *time reliability*. Ketika *Volume reliability* sama dengan nol, maka tidak ada air yang dipanen atau digunakan dari tangki. Jika *volume reliability* sama dengan 100 % maka pemanenan air hujan mencukupi permintaan air tersebut. Untuk *time reliability* sama dengan nol, maka sistem pemanenan air hujan tidak pernah memenuhi kebutuhan air tepat saat dibutuhkan dan sebaliknya.

Penentuan VR dan TR sebagai parameter non dimensi dilakukan dengan mengidentifikasi perilaku sistem seperti *inflow*, *overflow* dan *yield*. Sistematis perilaku sistem dapat dibagi menjadi 2 antara lain:

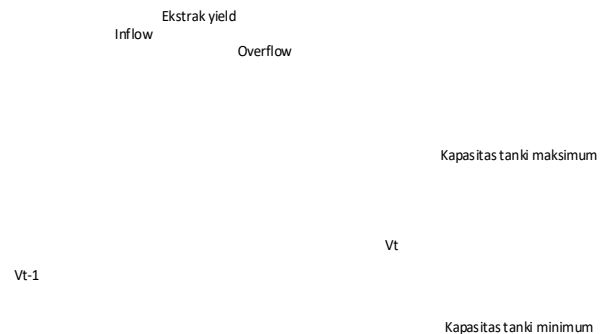
- Algoritma *Yield Before Spillage* (YBS)
- Algoritma *Yield After Spillage* (YAS)

Dalam penelitian ini digunakan metode YBS. Rumus yang digunakan dalam algoritma ini adalah sebagai berikut:

$$Yield = \min \left\{ \begin{array}{l} D_t \\ V_{t-1} + Q_t \end{array} \right. \quad (1)$$

$$V_t = \min \left\{ \begin{array}{l} V_{t-1} + Q_t - Y_t \\ S \end{array} \right. \quad (2)$$

Algoritma YBS secara grafik dapat dijelaskan dalam gambar berikut:



Gambar 3. Representasi Algoritma YBS

2. METODE

Secara sederhana sistem pemanenan air hujan terdiri atas tangki, *catchment area*, dan penyalur. Pada skala rumah tangga, atap dari bangunan berfungsi sebagai *catchment area* (untuk menampung air hujan) yang kemudian disalurkan ke bak penampungan dan air siap digunakan.

Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis data sekunder secara deskripsi kuantitatif. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui kelayakan sistem PAH pada rumah tangga. Kelayakan sistem diukur dari volume *reliability* (*water saving efficiency, WSE*) dan *time reliability* (*TR*).

Data yang digunakan adalah data curah hujan harian pada 3 kota di Indonesia yaitu Bogor, Palembang dan Mataram yang merepresentasikan wilayah basah, sedang, dan kering. Skenario simulasi dilakukan pada sistem PAH sederhana pada sebuah rumah tangga orang (Gambar 2). Jumlah total kebutuhan air per orang diambil sebesar 150 L/orang/hari.

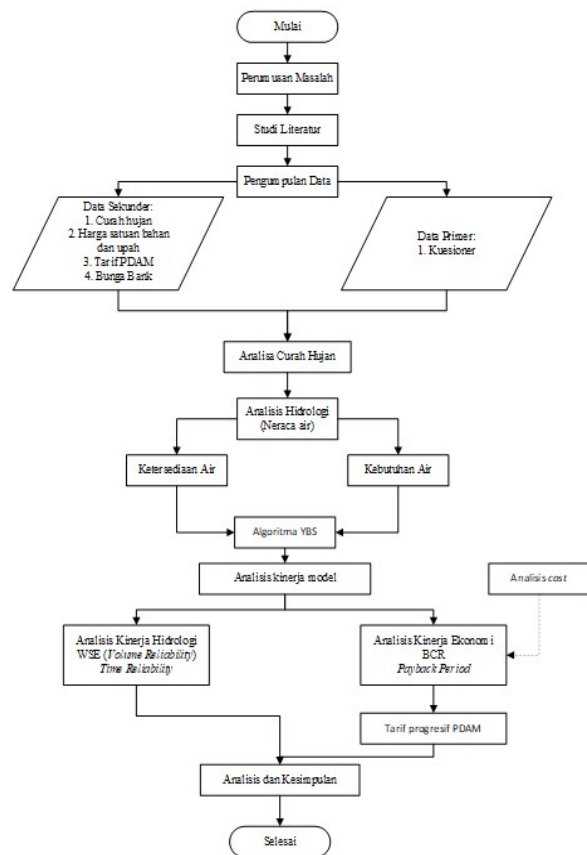
Perhitungan dibagi menjadi beberapa skenario berdasarkan kapasitas tanki, jumlah penghuni rumah

dan kebutuhan air. Berdasarkan kondisi kualitas air hujan, kebutuhan air digunakan hanya untuk non *potable wateruse* (60% x 150L/orang/hari). Luas *catchment area* diambil sebesar 30 m², 45 m², 70 m², 100 m², dan 300 m² dengan koefisien *run off* untuk atap sebesar 0,8. Jumlah penghuni dibagi menjadi 1 sampai 5 orang per rumah. Kapasitas tanki dicoba untuk beberapa variasi ukuran yaitu 0,5 m³, 1 m³, 2 m³, 5 m³, dan 10 m³.

Analisis finansial dilakukan terhadap *cost* dan *benefit*. *Cost* yang dihitung terdiri dari modal awal, *maintenance cost*, *operational cost*, dan harga pengolahan air hujan. Sedangkan *benefit* diambil dari banyaknya volume air PDAM yang dapat digantikan oleh curah hujan dikalikan dengan harga air PDAM. Data harga air PDAM didapat dari PDAM pada masing-masing kota yang menjadi lokasi studi yang dibedakan sesuai penggunaan air.

Analisis *payback period* dilakukan untuk menentukan waktu yang diperlukan oleh suatu investasi untuk mencapai *break even point*. Analisis *payback period* dilakukan untuk semua kapasitas tanki penyimpanan dengan metode YBS.

Diagram alir penelitian secara lengkap dapat dilihat pada Gambar berikut:



Gambar 4. Bagan alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Performa dan Potensi Sistem PAH

Pengolahan data dilakukan dengan bantuan program Microsoft Excel. Data yang ada digunakan untuk menganalisis performa dan potensi sistem pemanenan air hujan, yaitu *volumetric reliability* atau *water saving efficiency* (WSE) dan *timetric reliability* (TR). Nilai-nilai WSE dan TR telah dikumpulkan dan akan dianalisis pada masing masing kota.

Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 menggambarkan hubungan antara *water saving efficiency* (WSE), luas *catchment area* dan variasi tangki yang digunakan. WSE akan menurun seiring bertambahnya jumlah penghuni (*demand*) dan akan meningkat seiring meningkatnya kapasitas tangki dan luas *catchment area*. Semakin besar nilai WSE maka potensi dan performa sistem PAH semakin baik.

Analisis performa dan potensi sistem PAH untuk Kota Palembang dapat dilihat pada Tabel 1. Pada tabel tersebut dapat dilihat hasil WSE di Kota Palembang. Angka WSE tertinggi adalah 99,273 % (1 orang, 300 m² dan 10 m³), sedangkan angka WSE terkecil adalah 23,920 % (5 orang, 30 m² dan 0,5 m³). WSE tidak bertambah secara signifikan pada tangki 5 m³ ke 10 m³ dengan luas *catchment area* 30 m² dan 45 m². Nilai TR dianalisis berdasarkan jumlah hari (waktu) dimana kebutuhan air terpenuhi oleh air hujan. Dari hasil analisis, angka TR tertinggi untuk Kota Palembang adalah 99,25 % (1 orang, 300 m² dan 10 m³), sedangkan, angka TR terkecil adalah 7,56 % (5 orang, 30 m² dan 0,5 m³).

Analisis performa dan potensi sistem PAH untuk Kota Bogor dapat dilihat pada Tabel 2. Angka WSE tertinggi adalah 100 % (1 orang, 300 m² dan 10 m³), sedangkan angka WSE terkecil adalah 31,496 % (5 orang, 30 m² dan 0,5 m³). Berdasarkan hasil analisis, angka TR tertinggi untuk Kota Bogor adalah 100 % (1 orang, 300 m² dan 10 m³), sedangkan angka TR terkecil adalah 15,35 % (5 orang, 30 m² dan 0,5 m³).

Analisis performa dan potensi sistem PAH untuk Kota Mataram dapat dilihat pada Tabel 3. Angka WSE tertinggi adalah 91,75 % (1 orang, 300 m² dan 10 m³), sedangkan angka WSE terkecil adalah 14,27% (5 orang, 30 m² dan 0,5 m³). WSE tidak bertambah secara signifikan pada tangki 5 m³ ke 10 m³ dengan luas *catchment area* 30 m² dan 45 m². Dari hasil analisis didapat hasil TR di Kota Mataram. Angka TR tertinggi adalah 91,54 % (1 orang, 300 m² dan 10 m³), sedangkan angka TR terkecil adalah 5,67 % (5 orang, 30 m² dan 0,5 m³).

Performa dan potensi sistem PAH ini sangat dipengaruhi oleh rerata curah hujan tahunan. Dari ketiga kota tersebut performa dan potensi sistem PAH terbaik adalah Kota Bogor diikuti oleh Kota Palembang dan terakhir adalah Kota Mataram.

Walaupun demikian, untuk Kota Mataram performa dan potensi sistem PAH masih dapat diterapkan dengan beberapa penyesuaian.

Tabel 1. Hasil WSE Kota Palembang

Luas Catchment Area (m ²)	Jumlah Penghuni (Orang)	Kapasitas Tangki (m ³)				
		0.5	1	2	5	10
30	1	69.124%	76.090%	81.101%	87.320%	93.979%
30	2	48.259%	52.942%	57.188%	60.834%	62.423%
30	3	36.378%	38.957%	40.972%	41.805%	41.908%
30	4	28.938%	30.315%	31.185%	31.433%	31.438%
30	5	23.920%	24.662%	25.062%	25.150%	25.150%
45	1	74.292%	81.344%	86.437%	92.169%	96.888%
45	2	56.892%	63.751%	70.061%	76.501%	81.232%
45	3	45.690%	50.198%	54.823%	59.562%	61.605%
45	4	37.956%	40.991%	44.058%	46.433%	47.045%
45	5	32.367%	34.432%	36.390%	37.565%	37.726%
70	1	78.061%	84.796%	90.019%	94.666%	97.956%
70	2	63.699%	71.335%	78.419%	84.944%	89.663%
70	3	54.024%	60.396%	67.282%	74.937%	79.132%
70	4	46.920%	51.848%	57.363%	64.188%	67.983%
70	5	41.446%	45.232%	49.511%	54.585%	56.911%
100	1	80.313%	86.892%	92.005%	96.092%	98.627%
100	2	67.809%	75.330%	82.319%	88.945%	92.953%
100	3	59.160%	66.198%	73.791%	81.685%	86.008%
100	4	52.797%	58.747%	65.936%	74.391%	78.877%
100	5	47.786%	52.775%	58.905%	66.873%	71.867%
300	1	84.428%	90.356%	94.671%	97.839%	99.273%
300	2	75.426%	82.247%	88.577%	94.695%	97.100%
300	3	69.419%	76.221%	83.174%	90.863%	94.574%
300	4	64.793%	71.327%	78.552%	87.112%	91.820%
300	5	61.060%	67.249%	74.526%	83.735%	88.981%

Tabel 2. Hasil WSE Kota Bogor

Luas Catchment Area (m ²)	Jumlah Penghuni (Orang)	Kapasitas Tangki (m ³)				
		0.5	1	2	5	10
30	1	76.676%	85.697%	92.187%	96.920%	99.391%
30	2	56.643%	65.432%	73.944%	82.012%	86.444%
30	3	44.638%	50.754%	56.499%	60.984%	62.268%
30	4	36.931%	40.992%	44.476%	46.556%	46.893%
30	5	31.496%	34.221%	36.370%	37.421%	37.515%
45	1	80.561%	88.914%	94.544%	98.387%	99.799%
45	2	63.095%	72.923%	82.404%	90.888%	95.150%
45	3	52.030%	60.240%	69.115%	78.917%	83.869%
45	4	44.482%	50.808%	57.893%	65.326%	68.372%
45	5	39.001%	43.860%	49.291%	54.285%	55.871%
70	1	83.467%	91.188%	95.851%	99.078%	100.000%
70	2	68.403%	78.318%	87.135%	94.607%	97.538%
70	3	58.452%	67.612%	77.550%	88.313%	93.149%
70	4	51.391%	59.305%	68.706%	80.381%	86.578%
70	5	46.130%	52.767%	61.025%	71.860%	77.806%
100	1	85.234%	92.429%	96.726%	99.436%	100.000%
100	2	71.692%	81.367%	89.554%	95.954%	98.634%
100	3	62.607%	71.986%	81.803%	91.477%	95.666%
100	4	56.002%	64.510%	74.408%	86.315%	92.059%
100	5	50.980%	58.503%	67.878%	80.434%	87.493%
300	1	88.377%	94.675%	97.936%	99.655%	100.000%
300	2	77.935%	86.736%	93.514%	98.060%	99.556%
300	3	71.117%	80.079%	88.509%	95.843%	98.499%
300	4	65.857%	74.607%	83.835%	93.294%	96.950%
300	5	61.737%	70.088%	79.594%	90.523%	95.459%

Tabel 3. Hasil WSE Kota Mataram

Luas Catchment Area (m ²)	Jumlah Penghuni (Orang)	Kapasitas Tangki (m ³)				
		0.5	1	2	5	10
30	1	42.883%	49.845%	56.324%	64.392%	71.829%
30	2	28.306%	32.292%	36.036%	39.426%	40.642%
30	3	21.263%	23.525%	25.568%	26.927%	27.189%
30	4	17.067%	18.439%	19.653%	20.306%	20.424%
30	5	14.273%	15.155%	15.909%	16.290%	16.363%
45	1	47.491%	55.246%	62.441%	70.175%	78.740%
45	2	33.349%	39.043%	44.865%	51.986%	56.309%
45	3	26.135%	29.959%	33.883%	38.263%	40.028%
45	4	21.707%	24.313%	27.003%	29.637%	30.401%
45	5	18.602%	20.427%	22.330%	23.989%	24.409%
70	1	51.434%	59.526%	66.981%	74.520%	82.909%
70	2	37.976%	44.765%	52.081%	60.910%	66.940%
70	3	30.877%	36.086%	42.079%	49.784%	54.968%
70	4	26.344%	30.318%	35.022%	41.000%	44.528%
70	5	23.172%	26.218%	29.893%	34.387%	36.697%
100	1	53.974%	62.311%	69.748%	77.528%	85.689%
100	2	41.228%	48.509%	56.393%	65.637%	71.390%
100	3	34.235%	40.160%	47.164%	56.387%	62.707%
100	4	29.749%	34.508%	40.541%	48.750%	54.614%
100	5	26.522%	30.431%	35.522%	42.529%	47.376%
300	1	59.029%	67.769%	75.537%	84.554%	91.752%
300	2	48.222%	56.203%	64.716%	74.231%	80.278%
300	3	42.312%	49.293%	57.441%	67.919%	74.147%
300	4	38.219%	44.326%	51.986%	62.657%	69.578%
300	5	35.168%	40.559%	47.686%	58.202%	65.635%

Analisis Kelayakan Ekonomi Sistem PAH

Berdasarkan Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6, dapat dilihat akumulasi *payback period*. *Payback period* tercepat untuk Kota Palembang, Kota Bogor dan Kota Mataram berurut-urut adalah 5,42 tahun (5 orang, 300 m² dan 0,5 m³), 4 tahun (5 orang, 300 m² dan 0,5 m³), dan 8,17 tahun (5 orang, 300 m² dan 0,5 m³). Semakin besar kapasitas tangki maka *payback period* semakin lama. Semakin besar *demand* dan *catchment area* maka *payback period* semakin cepat. Kelayakan ekonomi sangat bergantung pada curah hujan dan topografi yang ada. *Payback period* yang cepat tidak serta merta menjadi tolak ukur kelayakan sistem pemanenan air hujan. Tetapi, *payback period* yang cepat menjadi tolak ukur kelayakan ekonomi sistem PAH.

Tabel 4. Akumulasi *payback period* (tahun) untuk Kota Palembang

Luas Catchment Area (m ²)	Jumlah Penghuni (Orang)	Kapasitas Tangki (m ³)				
		0.5	1	2	5	10
30	1	21.08	23.00	32.00	>35	>35
30	2	15.17	16.33	22.42	>35	>35
30	3	12.33	14.00	19.25	31.83	>35
30	4	11.25	13.08	18.25	30.00	>35
30	5	10.00	11.33	16.33	26.92	>35

Luas Catchment Area (m ²)	Jumlah Penghuni (Orang)	Kapasitas Tangki (m ³)				
		0.5	1	2	5	10
45	1	20.67	22.25	31.00	>35	>35
45	2	13.58	14.17	18.92	28.33	>35
45	3	10.33	11.25	15.17	23.17	>35
45	4	9.00	10.08	13.75	21.08	>35
45	5	7.75	8.58	12.00	19.08	>35
70	1	20.58	22.25	30.25	>35	>35
70	2	12.33	13.33	17.08	26.00	>35
70	3	9.17	10.00	13.00	18.83	>35
70	4	7.67	8.17	10.92	15.92	>35
70	5	6.25	7.00	9.17	14.00	>35
100	1	21.25	23.00	31.00	>35	>35
100	2	12.33	13.33	17.00	25.50	>35
100	3	9.00	9.33	12.08	17.58	>35
100	4	7.25	7.75	10.00	14.17	>35
100	5	5.92	6.25	8.08	11.83	30.33
300	1	24.17	25.58	33.33	>35	>35
300	2	13.42	14.00	17.58	25.67	>35
300	3	9.00	9.42	11.92	17.08	>35
300	4	7.08	7.33	9.17	13.25	32.83
300	5	5.42	5.75	7.25	10.33	25.58

Tabel 5. Akumulasi *payback period* (tahun) Kota Bogor

Luas Catchment Area (m ²)	Jumlah Penghuni (Orang)	Kapasitas Tangki (m ³)				
		0.5	1	2	5	10
30	1	15.17	15.50	24.25	34.50	>35
30	2	10.00	9.92	14.75	19.75	>35
30	3	7.50	7.67	11.25	15.92	>35
30	4	6.25	6.42	9.92	14.08	>35
30	5	5.75	6.00	9.17	13.25	>35
45	1	15.00	15.42	24.17	34.42	>35
45	2	9.17	9.00	13.58	18.25	>35
45	3	6.92	6.75	9.50	12.42	>35
45	4	5.42	5.42	8.00	10.50	>35
45	5	4.92	4.92	7.25	9.42	33.00
70	1	15.17	15.67	24.42	34.67	>35
70	2	9.00	8.83	13.33	18.00	>35
70	3	6.25	6.17	8.92	11.67	>35
70	4	5.00	5.00	7.17	8.83	28.92
70	5	4.25	4.25	6.00	7.67	24.25
100	1	15.50	16.08	24.83	>35	>35
100	2	9.00	8.83	13.33	18.08	>35
100	3	6.08	6.00	8.75	11.67	>35

Luas Catchment Area (m ²)	Jumlah Penghuni (Orang)	Kapasitas Tangki (m ³)				
		0.5	1	2	5	10
100	4	4.92	4.83	6.92	8.58	27.50
100	5	4.08	4.00	5.58	7.08	22.17
300	1	17.58	18.17	26.83	>35	>35
300	2	9.92	9.83	14.08	23.33	>35
300	3	6.42	6.33	9.00	14.83	>35
300	4	5.00	4.92	6.83	10.92	26.92
300	5	4.00	4.00	5.33	8.50	21.08

Tabel 6. Akumulasi *payback period* (tahun) Kota Mataram

Luas Catchment Area (m ²)	Jumlah Penghuni (Orang)	Kapasitas Tangki (m ³)				
		0.5	1	2	5	10
30	1	>35	>35	>35	>35	>35
30	2	27.08	27.92	>35	>35	>35
30	3	17.92	19.17	25.00	>35	>35
30	4	15.08	16.50	21.42	>35	>35
30	5	11.25	12.92	16.25	26.08	>35
45	1	>35	>35	>35	>35	>35
45	2	25.17	25.00	29.25	>35	>35
45	3	16.08	16.50	20.17	30.08	>35
45	4	13.50	14.00	16.83	25.42	>35
45	5	10.00	10.83	13.33	19.75	>35
70	1	>35	>35	>35	>35	>35
70	2	23.17	22.50	25.50	>35	>35
70	3	14.83	14.92	17.08	23.83	>35
70	4	11.92	12.00	14.00	19.17	>35
70	5	8.33	9.00	10.92	14.83	>35
100	1	>35	>35	>35	>35	>35
100	2	23.75	23.00	25.25	35.00	>35
100	3	14.92	14.83	16.42	22.08	>35
100	4	11.83	11.83	13.33	17.00	>35
100	5	8.25	8.42	10.08	13.42	32.83
300	1	>35	>35	>35	>35	>35
300	2	24.92	23.75	25.25	29.33	>35
300	3	15.17	14.83	15.92	17.92	>35
300	4	11.83	11.25	12.17	13.42	>35
300	5	8.17	8.08	9.00	10.08	25.00

Analisis Kelayakan Tarif Air PDAM

Analisis kelayakan tarif PDAM dilakukan untuk mengetahui permasalahan penerapan sistem PAH. Banyak masyarakat belum menerapkan sistem PAH, padahal banyak manfaat yang didapat dari instalasi PAH. Hipotesis yang diambil adalah harga air PDAM yang bersubsidi lebih menarik minat masyarakat atau harga instalasi sistem PAH yang terlalu mahal. Oleh karena itu dilakukan analisis kelayakan tarif air PDAM.

Hal yang pertama kali dilakukan adalah menentukan ukuran tangki yang layak. Penentuan ukuran tangki yang layak dilakukan berdasarkan analisis performa dan analisis kelayakan ekonomi sistem PAH. Berdasarkan analisis kelayakan ekonomi tangki dengan ukuran 0,5 m³ dan 1 m³ lebih direkomendasikan. Berdasarkan analisis performa, semakin besar ukuran tangki, maka WSE dan TR akan semakin besar. Jadi, tangki yang dipilih adalah tangki yang lebih besar yaitu tangki dengan ukuran 1 m³.

Setelah itu dilakukan penetapan umur rencana. Penetapan umur rencana disesuaikan dengan masa garansi dari tangki yaitu 15 tahun. Umur rencana akan dijadikan tolak ukur kelayakan tarif air PDAM. Kemudian dilakukan *trial and error* harga air untuk mendapatkan harga air PDAM yang sesuai agar periode pengembalian mendekati umur rencana yaitu 15 tahun.

Pada Tabel 7 dapat dilihat variasi harga PDAM yang digunakan untuk simulasi di Kota Palembang. Selanjutnya pada Tabel 8 dapat dilihat *payback period* dari variasi harga A1, B1, dan C1 Kota Palembang. Pada harga A1 masih ditemui *payback period* yang melebihi 15 tahun (umur rencana). Harga B1 merupakan harga PDAM yang layak diterapkan. Harga PDAM yang Layak tersebut adalah Rp 7.250 (0-10 m³); Rp7.300 (11-20 m³); Rp 7.400 (21-30 m³); Rp 7.550 (>30 m³).

Pada Tabel 9 dapat dilihat variasi harga yang digunakan untuk simulasi di Kota Bogor. Selanjutnya Pada Tabel 10 dapat dilihat *payback period* dari variasi harga A2, B2, dan C2 Kota Bogor. Pada harga A2 masih ditemui *payback period* yang melebihi 15 tahun (umur rencana). Harga B2 merupakan harga PDAM yang layak diterapkan. Harga PDAM yang Layak tersebut adalah Rp 5.475 (0-10 m³); Rp 5.700 (11-20 m³); Rp 6.000 (21-30 m³); Rp 6.000 (>30 m³).

Pada Tabel 11 dapat dilihat variasi harga yang digunakan untuk simulasi di Kota Mataram. Selanjutnya Pada Tabel 12 dapat dilihat *payback period* dari variasi harga A3, B3, dan C3 Kota Mataram. Pada harga A3 masih ditemui *payback period* yang melebihi 15 tahun (umur rencana). Harga B3 merupakan harga PDAM yang layak diterapkan. Harga PDAM yang Layak tersebut

adalah Rp 11.800 (0-10 m³); Rp 14.000 (11-20 m³); Rp 15.000(21-30 m³); Rp 17.000 (>30 m³).

Tabel 7. Variasi harga PDAM di Kota Palembang

Harga Air	Penggunaan air			
	0-10	11-20	21-30	>30
A1 (Normal)	Rp 4,235	Rp 4,840	Rp 6,050	Rp 7,550
B1 (Layak)	Rp 7,250	Rp 7,300	Rp 7,400	Rp 7,550
C1 (Maks)	Rp 7,550	Rp 7,550	Rp 7,550	Rp 7,550

Tabel 8. *Payback period* dengan variasi harga di Kota Palembang

Luas Catchment Area (m ²)	Jumlah Penghuni (Orang)	Kapasitas Tangki 1 m ³		
		A1	B1	C1
30	1	23.00	13.50	13.08
	2	16.33	9.83	9.25
	3	14.00	8.92	8.42
	4	13.08	8.50	8.25
	5	11.33	8.33	8.17
45	1	22.25	13.25	12.42
	2	14.17	8.25	8.00
	3	11.25	7.08	6.92
	4	10.08	6.33	6.25
	5	8.58	6.17	6.00
70	1	22.25	13.17	12.33
	2	13.33	7.75	7.33
	3	10.00	6.00	5.75
	4	8.17	5.17	5.08
	5	7.00	4.83	4.67
100	1	23.00	13.50	13.00
	2	13.33	7.75	7.33
	3	9.33	5.67	5.42
	4	7.75	4.92	4.67
	5	6.25	4.25	4.17
300	1	25.58	15.00	14.42
	2	14.00	8.08	7.75
	3	9.42	5.67	5.42
	4	7.33	4.50	4.33
	5	5.75	3.92	3.83

Tabel 9. Variasi harga PDAM di Kota Bogor

Harga Air	Penggunaan air			
	0-10	11-20	21-30	>30
A2 (Normal)	Rp 4,500	Rp 5,700	Rp 6,000	Rp 6,000
B2 (Layak)	Rp 5,475	Rp 5,700	Rp 6,000	Rp 6,000
C2 (Maks)	Rp 6,000	Rp 6,000	Rp 6,000	Rp 6,000

Tabel 10 *Payback period* dengan variasi harga di Kota Bogor

Luas Catchment Area (m ³)	Jumlah Penghuni (Orang)	Kapabilitas Tangki 1 m ³		
		A2	B2	C2
30	1	15.50	12.75	11.50
30	2	9.92	8.08	7.42
30	3	7.67	6.92	6.33
30	4	6.42	6.08	6.00
30	5	6.00	5.75	5.75
45	1	15.42	12.67	11.50
45	2	9.00	7.50	7.00
45	3	6.75	5.83	5.50
45	4	5.42	5.08	5.08
45	5	4.92	4.75	4.75
70	1	15.67	13.00	11.75
70	2	8.83	7.33	6.75
70	3	6.17	5.42	5.08
70	4	5.00	4.50	4.42
70	5	4.25	4.00	4.00
100	1	16.08	13.33	12.00
100	2	8.83	7.33	6.75
100	3	6.00	5.25	5.00
100	4	4.83	4.33	4.17
100	5	4.00	3.67	3.58
300	1	18.17	15.00	13.67
300	2	9.83	8.00	7.33
300	3	6.33	5.58	5.25
300	4	4.92	4.33	4.17
300	5	4.00	3.58	3.42

Tabel 11. Variasi harga PDAM di Kota Mataram

Harga Air	Penggunaan Air			
	0-10	11-20	21-30	>30
A3 (Normal)	Rp 4,600	Rp 6,800	Rp 10,500	Rp 17,000
B3 (Layak)	Rp 11,800	Rp 14,000	Rp 15,000	Rp 17,000
C3 (Maks)	Rp 17,000	Rp 17,000	Rp 17,000	Rp 17,000

Tabel 12. *Payback period* dengan variasi harga di Kota Mataram

Luas Catchment Area (m ³)	Jumlah Penghuni (Orang)	Kapabilitas Tangki 1 m ³		
		A3	B3	C3
30	1	>35	14.08	10.00
30	2	27.92	11.08	7.42
30	3	19.17	9.00	7.00
30	4	16.50	8.08	6.33
30	5	12.92	7.33	6.17
45	1	>35	13.58	9.25
45	2	25.00	9.92	6.58
45	3	16.50	7.33	5.92
45	4	14.00	6.42	5.33
45	5	10.83	6.00	5.08
70	1	>35	13.33	9.08

Luas Catchment Area (m ³)	Jumlah Penghuni (Orang)	Kapabilitas Tangki 1 m ³		
		A3	B3	C3
70	2	22.50	8.92	6.08
70	3	14.92	6.42	5.08
70	4	12.00	5.67	4.58
70	5	9.00	5.08	4.25
100	1	>35	13.75	9.33
100	2	23.00	8.92	6.17
100	3	14.83	6.33	5.08
100	4	11.83	5.33	4.33
100	5	8.42	4.92	4.08
300	1	>35	15.00	10.50
300	2	23.75	9.17	6.33
300	3	14.83	6.42	5.00
300	4	11.25	5.17	4.17
300	5	8.08	4.33	3.92

Tarif air progresif yang layak dan termahal terdapat pada Kota Mataram. Harga PDAM yang layak adalah Rp 11.800 (0-10 m³); Rp 14.000 (11-20 m³); Rp 15.000(21-30 m³); Rp 17.000 (>30 m³). Hal tersebut dikarenakan curah hujan yang sangat sedikit di Kota Mataram. Walaupun kinerja finansial sistem PAH tersebut rendah, namun dengan penambahan aspek lainnya seperti aspek lingkungan sosial, kinerja atau potensi sistem PAH akan meningkat.

Berdasarkan hasil kuesioner 99 responden, yaitu 32 responden dari Kota Palembang, 38 responden dari Kota Bogor dan 29 Responden dari Kota Mataram, menunjukkan lebih dari 80 persen masyarakat tertarik untuk mengaplikasikan sistem PAH. Kemampuan keuangan, topografi daerah dan harga air perlu dilakukan penyesuaian agar sistem PAH domestik dapat diterapkan.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian:

1. Berdasarkan hasil analisis, Kota Bogor dengan rerata curah hujan 3805,95 mm/tahun memiliki angka WSE tertinggi 100 % dan *payback period* tercepat adalah 4 tahun. Pada Kota Palembang dengan rerata curah hujan 2551,57 mm memiliki angka WSE tertinggi 99,273 % dan *payback period* tercepat adalah 5,42 tahun. Pada Kota Mataram dengan rerata curah hujan 1661,79 mm memiliki angka WSE tertinggi 91,752 % dan *payback period* tercepat adalah 8,17 tahun.
2. Semakin besar curah hujan, maka periode pengembalian akan semakin cepat. Semakin besar curah hujan, maka *water saving efficiency* (WSE) dan *time reliability* (TR) akan semakin besar.
3. Pada skala bangunan domestik dengan *demand* yang kecil akan menghasilkan sistem PAH yang efektif (WSE dan TR akan semakin besar). Tetapi

dibandingkan dengan tarif air PDAM yang berlaku, kelayakan ekonomi menjadi sangat tidak layak akibat harga air yang terlalu murah.

REFERENSI

- Aladenola, Olanike O., Omotayo B. A. (2010). Assessing the Potential for Rainwater Harvesting. *Water resources management* 24(10): 2129–37.
- Bashar, Mohammad Z. I., Md Rezaul K., Monzur A.I. (2018). Reliability and Economic Analysis of Urban Rainwater Harvesting: A Comparative Study within Six Major Cities of Bangladesh. *Resources, Conservation and Recycling* 133: 146–54.
- Campisano, Alberto et al. (2017). Urban Rainwater Harvesting Systems: Research, Implementation and Future Perspectives. *Water research* 115: 195–209.
- Chapa, Fernando, Manuel K., Jochen H. (2020). A Multi-Parameter Method to Quantify the Potential of Roof Rainwater Harvesting at Regional Levels in Areas with Limited Rainfall Data. *Resources, Conservation and Recycling* 161: 104959.
- van Dijk, Sjon, Amanda W L., Arjen Y. H., Ranran W. (2020). Strategic Design and Finance of Rainwater Harvesting to Cost-Effectively Meet Large-Scale Urban Water Infrastructure Needs. *Water Research*: 116063.
- Farreny, R, X Gabarrell, and J Rieradevall. 2011. “Cost-Efficiency of Rainwater Harvesting Strategies in Dense Mediterranean Neighbourhoods.” *Resources, Conservation and Recycling* 55(7): 686–94.
- Fewkes, A. (2012). A Review of Rainwater Harvesting in the UK. *Structural Survey*: 174.
- Indriyanto. (2006). *Ekologi Hutan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Juliana, I.C. et al.(2018). Pendampingan Penerapan Sistem Rainwater Harvesting Untuk Menanggulangi Kesulitan Air Bersih Di Perumahan Pesona Harapan Jaya Palembang.
- Juliana, I. C. et al. (2019). Feasibility Analysis of Rainwater Harvesting System Implementation for Public Facilities in Palembang, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 248 (2019) 012005, doi:10.1088/1755-1315/248/1/012005
- Kim, H. W., Ming-Han L., Hyun K., Hye Kyung L. (2016). Cost-Benefit Analysis and Equitable Cost Allocation for a Residential Rainwater Harvesting System in the City of Austin, Texas. *International Journal of Water Resources Development* 32(5): 749–64. <https://doi.org/10.1080/07900627.2015.1073142>.
- Kulkarni, S J. (2016). Review on Studies, Research and Surveys on Rainwater Harvesting. *International Journal of Research and Review* 3(9): 1–11.
- Maryono, A. (2016). *Memanen air Hujan*. Yogyakarta: UGM Press.
- Triadmodjo, B. (2013). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- WWAP (World Water Assessment Programme) (2012). 1 *Managing Water under Uncertainty and Risk*. Paris: UNESCO.

