

Terbit : 12 Agustus 2024

# **Penerapan Sistem Pemanenan Air Hujan (RWH) untuk Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih masyarakat Sebagai Perencanaan Wilayah Desa Klambir V Kebun, Kecamatan Hamparan Perak, Deli Serdang**

Ruri Prihatini Lubis

Magister Perencanaan Wilayah Kota  
Universitas Pembangunan Panca Budi

Email: rurilubiez@gmail.com

## **ABSTRAK**

Sistem pemanenan air hujan (selanjutnya disebut RWH) merupakan teknologi yang berfokus pada keberlanjutan dan mendukung pembangunan lingkungan yang berkelanjutan. Manfaat dari sistem RPH salah satunya adalah menyediakan ketersediaan air bersih. Penelitian ini menganalisis manfaat penerapan sistem RWH untuk masyarakat Desa Klambir V Kebun Kecamatan Hamparan Perak. Manfaat finansial penerapan sistem RPH dihitung berdasarkan air hujan yang dapat digunakan untuk menggantikan kebutuhan air bersih. Penelitian ini menggunakan sistem RWH sederhana yang menggunakan atap sebagai daerah tangkapan air, jaringan pipa sebagai sistem distribusi, dan tangki sebagai sistem penyimpanan. Pemanfaatan air tersebut untuk keperluan air minum dan tidak minum bagi rumah tangga dengan penghuni sampai dengan empat orang di Desa Klambir V Kebun. Luas daerah tangkapan air diambil hingga 70 m<sup>2</sup>. Biaya yang diambil dalam sistem RWH meliputi biaya konstruksi, instalasi, pemeliharaan, dan operasional. Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan sistem RWH memberikan keuntungan dibandingkan penggunaan sistem konvensional.

Kata Kunci: Pemanenan air hujan, penyediaan air bersih

## **ABSTRACT**

*Rainwater harvesting (RWH) system is a technology that focuses on sustainability and supports sustainable environmental development. One of the benefits of the RPH system is providing clean water. This study analyzes the benefits of implementing the RPH system for the community of Klambir V Kebun Village, Hamparan Perak District. The financial benefits of implementing the RWH system are calculated based on rainwater that can be used to replace clean water needs. This study uses a simple RPH system that uses the roof as an air catchment area, a pipe network as a distribution system, and a tank as a storage system. The use of this water is for drinking and non-drinking water for households with up to four residents in Klambir V Kebun Village. The area of air intake is taken up to 70 m<sup>2</sup>. The costs taken in the RWH system include construction, installation, maintenance, and operational costs. The results of the analysis show that the implementation of the RWH system provides advantages compared to the use of conventional systems.*

*Keywords: Rainwater harvesting, clean water supply*

## PENDAHULUAN

Air merupakan unsur yang sangat vital dalam kehidupan manusia. Seseorang tidak akan dapat bertahan hidup tanpa air karena air merupakan salah satu penopang hidup bagi manusia. Meskipun air menutupi bumi, lebih dari 97% airnya terasa asin, 2% air tawar terkunci dalam salju dan es, sehingga hanya 1% yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan manusia (USEPA, 2010). Ketersediaan sumber daya air semakin bertambah. Diproyeksikan pada tahun 2025 akan terjadi krisis air di beberapa negara, termasuk Indonesia meskipun Indonesia merupakan negara yang memiliki banyak air (USEPA, 2010). Meningkatnya pertumbuhan penduduk mendorong pemanfaatan sumber daya alam tanpa memperhatikan ketersediaannya bagi generasi mendatang. Selain itu, permasalahan sumber daya air menjadi semakin serius karena kurangnya pengelolaan sumber daya air yang baik.

Air hujan merupakan salah satu sumber daya alam yang sering terabaikan. Air hujan merupakan sumber air yang berkualitas dan kuantitasnya tinggi yang tersedia setiap musim hujan dan berpotensi mengurangi penggunaan sumber air permukaan. Hujan sering dianggap sebagai gangguan yang seharusnya dibuang secara efisien. Oleh karena itu, potensi curah hujan sering kali berlebihan menjadi limpasan. Paradigma tersebut perlu diubah terkait dengan air hujan sebagai aset yang perlu ditampung sebanyak-banyaknya. Air hujan dapat dipanen, disimpan, dan kemudian digunakan kembali untuk penggunaan selanjutnya. Konsep pemanenan air hujan merupakan konsep yang menekankan pada keberlanjutan. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa pemanfaatan air hujan memberikan manfaat ekonomi dan lingkungan. Dengan konsep pemanenan air hujan, air hujan dapat digunakan untuk penggunaan air yang tidak layak minum, yang akan mengurangi penggunaan air tanah dan memberikan keuntungan finansial (Roebuck, et. al., 2006). Konsep pemanenan air hujan memberikan dampak yang baik bagi lingkungan sekitar dan dianggap sebagai salah satu strategi adaptif terhadap perubahan iklim terkait dengan kekurangan air.

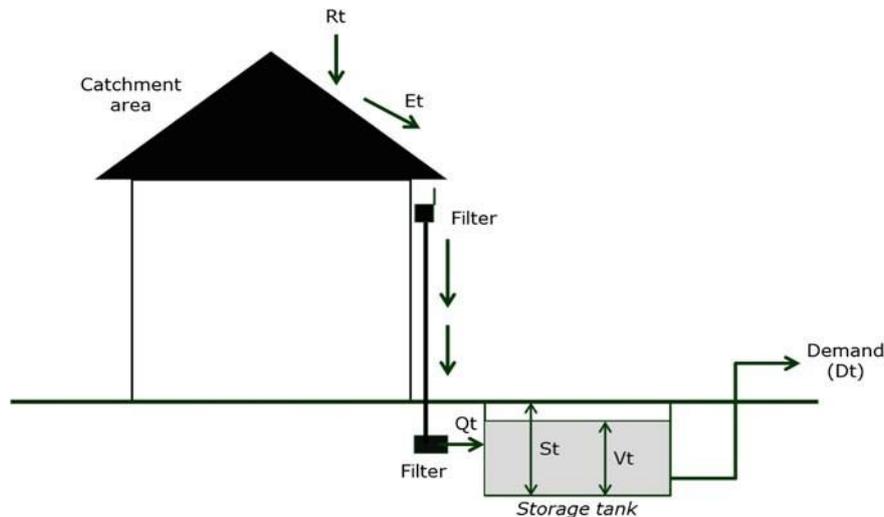
Di Indonesia, pemanfaatan kembali air hujan jarang dilakukan. Banyak faktor dan kendala yang muncul. Salah satunya adalah anggapan bahwa pemasangan sistem RWH mahal dan tidak memberikan manfaat signifikan dari sisi finansial. Para pemangku kepentingan masih enggan menerapkan konsep tersebut, dan menggunakan air tanah atau air PDAM masih menjadi pilihan terbaik. Karena belum adanya kajian yang komprehensif mengenai pemanfaatan air hujan dan minimnya bukti, masih banyak masyarakat yang ragu untuk menerapkan konsep tersebut. Masyarakat belum menyadari manfaat yang dapat diperoleh dengan pemanfaatan air hujan. Kajian ini bertujuan untuk menganalisis manfaat penerapan sistem RWH untuk penggunaan air rumah tangga atau domestik sehingga manfaat penerapan sistem RWH dapat lebih nyata.

## KONSEP PEMANENAN AIR HUJAN (RWH)

Istilah pemanenan air digunakan untuk menggambarkan proses pengumpulan dan penyimpanan air dari suatu area yang telah diolah untuk meningkatkan limpasan presipitasi (Frasier, 1983). Sistem RWH memiliki beberapa komponen utama: daerah tangkapan air untuk menangkap curah hujan, sistem pengiriman air dari daerah tangkapan air ke penyimpanan, tangki penyimpanan untuk menyimpan air, dan alat untuk mengalirkan air ke penyimpanan (Gould, 1999). Konsep RWH secara tradisional telah lama diterapkan di daerah kering. Sebagai contoh, di Taiwan, praktik pemanenan air hujan secara tradisional diterapkan di daerah yang memiliki air permukaan atau air tanah yang terbatas (Liaw, 2004). Di India, sistem RWH telah dilakukan lebih dari seratus tahun yang lalu di daerah yang sangat kering yang dikenal sebagai Gurun Emas. Di Gunung Kidul Indonesia, karena sifat daerah yang menyebabkan kekurangan air, salah satu cara yang dilakukan oleh masyarakat untuk memenuhi permintaan air adalah mengumpulkan air hujan. Beberapa tahun yang lalu, RWH hanya digunakan sebagai cara alternatif untuk memenuhi air di daerah yang kekurangan air. Seiring dengan kemajuan teknologi dan meningkatnya kesadaran lingkungan, konsep RWH mulai dimanfaatkan sebagai sumber alternatif untuk memenuhi kebutuhan sumber air primer dan pelengkap. Konsep RWH dapat diaplikasikan ke daerah tangkapan air skala besar maupun kecil. Air hujan yang ditampung dari atap tetap dapat dimanfaatkan untuk minum, memasak, dan mandi karena memiliki kualitas yang tidak jauh berbeda dengan air yang berasal dari keran (Meera, 2006).

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan sistem RWH sederhana (Gambar 1). Kapasitas tangki penyimpanan merupakan komponen penting karena menentukan kinerja dan biaya sistem secara keseluruhan. Kinerja tangki dipengaruhi oleh karakteristik daerah tangkapan air, curah hujan, dan kebutuhan air yang dibutuhkan (Roebuck, 2010).



Gambar 1 Sistem RWH sederhana. Diadaptasi dari: (Roebuck, 2010)

### Model Sistem Kinerja

Volume curah hujan efektif diperoleh dengan mengalikan curah hujan dengan luas daerah tangkapan air, dan rasio antara volume air yang dapat ditampung oleh daerah tangkapan air (atap) dengan air yang mengalir keluar sebagai:

$$ER = \frac{1}{A} R$$

dimana  $ER$  adalah limpasan efektif ( $m^3$ ),  $R$  adalah curah hujan ( $mm$ ),  $A$  adalah luas daerah tangkapan air ( $m^2$ ), dan  $C$  adalah rasio antara volume air yang ditampung oleh daerah tangkapan air.

Kinerja sistem RWH dihitung berdasarkan konsep neraca air. Algoritma simulasi neraca air digunakan untuk menjelaskan pengoperasian kinerja sistem RWH. Perubahan volume tangki penyimpanan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t - E_t - L_t \quad (2)$$

Dalam penelitian ini, tangki penyimpanan berada di bawah permukaan tanah sehingga pengaruh penguapan dan kehilangan air dapat dihilangkan sebagai berikut:

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (3)$$

di mana  $0 \leq S \leq V_t$  dan  $V_t$  adalah volume penyimpanan pada waktu  $t$  ( $m^3$ ),  $V_{t-1}$  adalah volume penyimpanan pada waktu  $t-1$  ( $m^3$ ),  $Q_t$  adalah volume yang masuk ke penyimpanan dalam interval waktu  $t$  ( $m^3$ ),  $D_t$  adalah pelepasan kebutuhan air dalam selang waktu  $t$  ( $m^3$ ),  $E_t$  adalah penguapan ( $m^3$ ),  $L_t$  adalah kehilangan air ( $m^3$ ), dan  $S$  adalah kapasitas penyimpanan ( $m^3$ ). Volume air akan terkumpul dalam waktu yang sama dengan volume air pada masa lampau ( $t-1$ ) ditambah dengan debit

air masuk dan dikurangi dengan debit air keluar pada waktu tertentu. Model analisis perilaku mensimulasikan algoritma operasi sistem volume pada tangki penyimpanan berdasarkan konsep neraca massa dengan interval waktu tertentu.

Indikator kinerja sistem RWH dapat dinyatakan dengan keandalan dan efektivitas tangki. Keandalan tangki penyimpanan dapat dinyatakan dalam satuan waktu atau volume (Fewkes, 1999). Keandalan indikator waktu dapat digunakan sebagai dasar kinerja sistem yang baik untuk sistem RWH domestik, yang dalam hal ini tidak menggunakan terlalu banyak air (Liaw, 2004). Dalam penelitian ini, kinerja sistem dalam satuan waktu yang dinyatakan dengan jumlah hari dimana sistem RWH memenuhi kebutuhan air. Kinerja sistem ini ditunjukkan dengan kinerja tangki penyimpanan yang menyatakan perilaku tangki. Perilaku sistem menunjukkan volume tangki penyimpanan per hari, dan dari hasil tersebut dapat ditarik jumlah hari dimana sistem RWH memenuhi kebutuhan air.

## Analisis Keuangan

Penerapan sistem RWH akan memberikan manfaat ekonomi. Semakin banyak pemanfaatan air hujan maka akan semakin besar pula manfaat finansialnya (Rahman, et. al., 2010). Analisis finansial dilakukan untuk menghitung kelayakan ekonomi sistem tersebut. Terdapat berbagai metode ekonomi yang dapat digunakan untuk menghitung kelayakan investasi. Metode benefit-cost ratio dapat digunakan untuk menghitung manfaat finansial dari penerapan sistem RWH. Benefit-cost ratio (BCR) merupakan metode yang sering digunakan pada tahap awal evaluasi rencana investasi atau sebagai analisis tambahan dengan tujuan untuk memvalidasi hasil evaluasi yang telah dilakukan sebelumnya (Giantman, 2006). Metode BCR memberikan penekanan pada aspek rasio antara nilai manfaat yang akan diperoleh dengan aspek biaya (dan kerugian) yang dikeluarkan oleh investasi tersebut. Nilai BCR dapat dihitung sejak tahun sistem tersebut akan kembali pada investasinya. Komponen biaya tersebut adalah biaya modal, biaya pemeliharaan, dan biaya operasional. Biaya tahunan adalah semua biaya yang dikeluarkan sepanjang umur sistem. Manfaat dihitung berdasarkan jumlah volume air hujan yang dapat digunakan untuk menggantikan penggunaan air.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Gambaran Umum Lokasi Studi

Wilayah studi adalah Desa Klambir V Kebun, Kecamatan Hampan Perak, Deli Serdang yang memiliki dua musim: musim kemarau antara April dan Oktober dan musim hujan pada bulan Oktober hingga April. Deli Serdang merupakan salah satu Kabupaten yang berada di kawasan Pantai Timur Sumatera Utara. Secara geografis Kabupaten Deli Serdang berada 2°57' Lintang Utara sampai 3°16' Lintang Utara dan 98°33' Bujur Timur sampai 99°27' Bujur Timur dengan ketinggian 0 – 500 m di atas permukaan laut. Kabupaten Deli Serdang menempati area seluas 2.497,72 km<sup>2</sup> yang terdiri dari 22 Kecamatan dan 394 Desa/Kelurahan Definitif. Studi kasus dilakukan di Desa Klambir V Kebun, sebuah desa di Kecamatan Hampan Perak.

### Data Curah Hujan

Data curah hujan harian di Stasiun Bingei tahun 1999–2013 dianalisis. Dari hasil analisis, tahun 2013 dipilih karena dianggap sebagai tahun kering yang diperkirakan mencerminkan kondisi kritis sistem RWH. Curah hujan harian maksimum pada tahun 2013 sebesar 80 mm dengan rata-rata 6,8 mm.

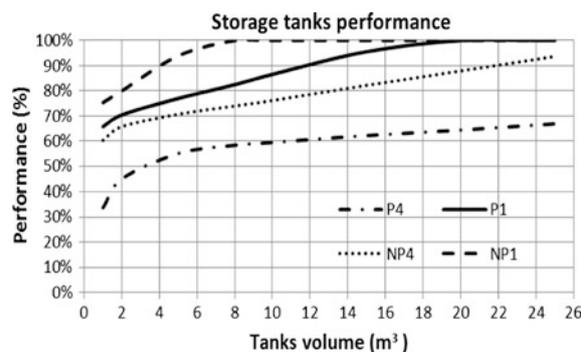
### Penggunaan Air Domestik

Rata-rata konsumsi air domestik per orang per hari di Indonesia adalah 144 l/orang/hari. Berdasarkan hasil penelitian, konsumsi air tersebut dapat mencapai 147,74 l/orang/hari (Mangiring, 2007). Berdasarkan hasil penelitian, pendekatan yang digunakan adalah jumlah total kebutuhan air sebesar

150 l/orang/hari (0,15 m<sup>3</sup>/orang/hari) dan kebutuhan air non-potable sebesar 60% (Roebuck, 2010) dari total kebutuhan air.

### Kinerja Sistem RWH

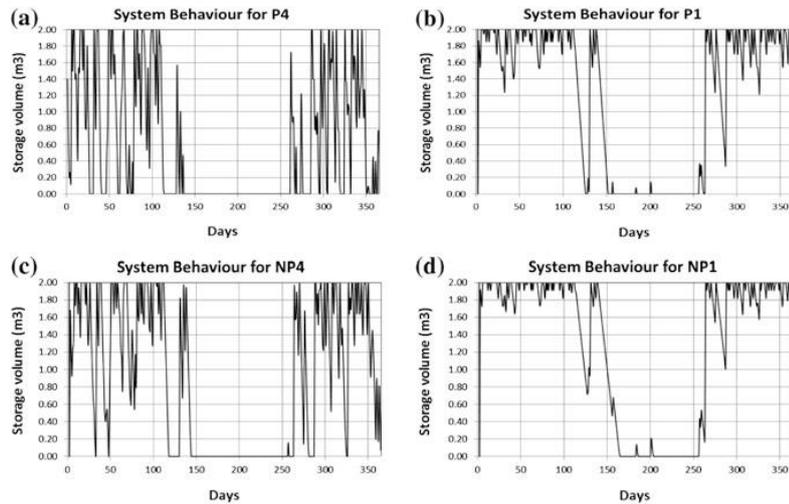
Perhitungan dibagi menjadi beberapa skenario berdasarkan kapasitas tangki dan jumlah penghuni rumah serta penggunaan air. Penggunaan air dibagi menjadi penggunaan air total dan non-minum. Kebutuhan penggunaan air total adalah 0,15 m<sup>3</sup>/orang/hari dan untuk non-minum adalah 0,09 m<sup>3</sup>/orang/hari. Luas daerah tangkapan air adalah 70 m<sup>2</sup> dengan rasio curah hujan yang ditangkap oleh atap adalah 0,95 (Fraser, 1983). Jumlah penghuni dibagi menjadi 1 dan 4 orang per rumah. Berdasarkan analisis kinerja tangki penyimpanan untuk beberapa kapasitas, diambil ukuran kapasitas 2 m<sup>3</sup>. Ukuran tersebut dianggap layak untuk dibangun oleh satu rumah tangga. Ukuran 2 m<sup>3</sup> diambil dengan pertimbangan bahwa untuk setiap permintaan air, kinerja rata-rata sistem RWH dengan tangki penyimpanan 2 m<sup>3</sup> telah mencapai 65,2% (Gbr. 2). Penggunaan air hujan, volume limpasan, kinerja sistem, dan analisis keuangan juga akan dianalisis untuk setiap skenario. Analisis awal dilakukan dengan menganalisis perilaku sistem untuk setiap skenario. Kinerja sistem dihitung berdasarkan waktu, yaitu jumlah hari yang dibutuhkan air untuk dipenuhi oleh sistem RWH. Hasil ini terlihat dengan jumlah hari defisit yang kecil (Gbr. 3). Dari Gbr. 2, terlihat bahwa semakin sedikit air hujan yang digunakan, kinerja sistem akan semakin besar. Dengan kapasitas tangki 2 m<sup>3</sup>, kinerja sistem terbaik adalah 80% untuk penggunaan air tidak minum 1 orang (NP1) dan diikuti oleh penggunaan air total 1 orang (P1), penggunaan air tidak minum 4 orang (NP4), dan penggunaan air total 4 orang (P4), masing-masing, untuk kinerja sistem 70, 64, dan 43%.



Gambar 2. Kinerja tangki penyimpanan untuk setiap penggunaan air

(Gambar 2). Jika nilai keandalan sistem sebesar 60%, maka sistem RWH dengan kapasitas tangki penyimpanan 2 m<sup>3</sup> dapat memenuhi kebutuhan air hingga 0,36 m<sup>3</sup>/hari/rumah (P1, NP4 dan NP1). Penerapan sistem RWH dapat mengurangi penggunaan kran air utama atau air tanah. Sistem RWH dapat menggantikan penggunaan air sebanyak 99 m<sup>3</sup> untuk 4 penghuni dengan total kebutuhan air sebesar 219,6 m<sup>3</sup>, atau dapat menghemat penggunaan air sebesar 54,92%. Sistem RWH dapat menghemat kebutuhan air dari 28,96% (NP1) menjadi 54,92% (P4). Penerapan sistem RWH juga dapat mengurangi volume limpasan. Semakin banyak penggunaan air hujan, semakin banyak pula pengurangan limpasan yang dihasilkan. Dengan sistem konvensional tanpa RWH, volume limpasan atap sebesar 157,39 m<sup>3</sup>/tahun dari total potensi curah hujan 174,88 m<sup>3</sup>/tahun. Dengan penerapan

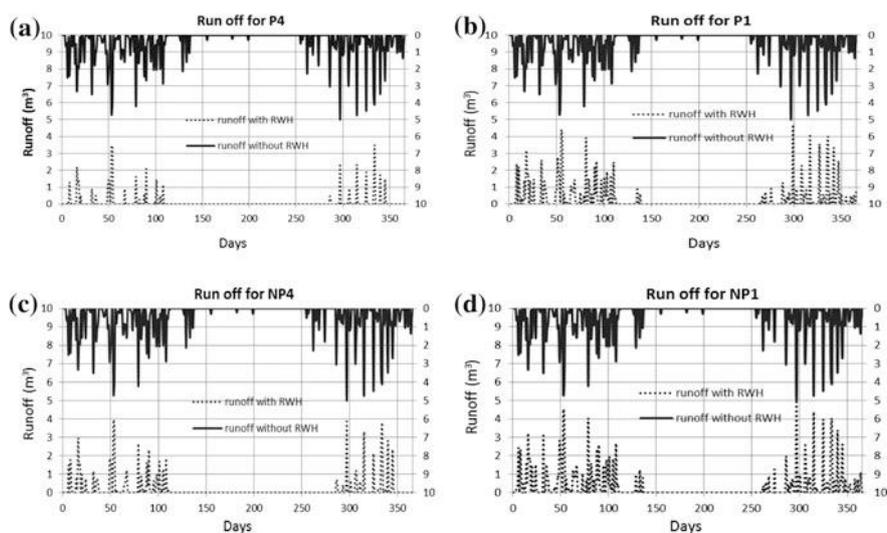
sistem RWH untuk penggunaan air minum 4 orang, limpasan atap yang dihasilkan adalah 44,81 m<sup>3</sup>/tahun, atau dengan kata lain, terjadi pengurangan volume limpasan sebesar 71,53%. Sebaliknya, ketika air hujan hanya digunakan untuk penggunaan air non-minum 1 orang, pengurangan limpasan hanya sebesar 15,97%. Rincian penghematan penggunaan air bersih dan pengurangan limpasan atap diberikan dalam Tabel 1 dan Gambar 4 untuk masing-masing P4, P1, NP4, dan NP1.



Gbr. 3. Perilaku sistem untuk a P4, b P1, c NP4, dan d NP1. Anotasi: NP1 = penggunaan air non-minum oleh 1 orang. P1 = total penggunaan air oleh 1 orang. NP4 = penggunaan air non-minum oleh 4 orang. P4 = total penggunaan air oleh 4 orang (P4)

**Tabel 1. Kinerja sistem, penghematan penggunaan air bersih, dan pengurangan waktu operasi**

Penggunaan air		Sistem Kinerja (Y) untuk memenuhi kebutuhan air	Pemanfaatan air hujan	Mengurangi limpasan dengan RWH	Mengurangi penggunaan air bersih
Orang	Volume (m <sup>3</sup> /hari)	%	Volume (m <sup>3</sup> /tahun)	%	%
P4	0.60	47	99.00	71.53	54.92
P1	0.15	71	36.15	25.11	34.15
NP4	0.36	61	75.96	52.25	42.35
NP1	0.09	76	23.40	15.97	28.96



Gambar 4. Volume limpasan atap yang dihasilkan untuk a P4, b P1, c NP4, dan d NP1

## Analisis Keuangan

Analisis finansial dilakukan terhadap biaya dan manfaat. Biaya terdiri dari biaya modal awal, biaya perawatan, biaya operasional, dan harga pengolahan air hujan. Perawatan terutama penting untuk alasan kinerja dan keselamatan. Biaya perawatan tahunan adalah biaya per tahun sebesar 4% (USEPA, 2013), dan biaya operasional adalah biaya pengolahan air hujan dengan instalasi pengolahan air diambil sebesar Rp. 2000/m<sup>3</sup> (Tirtanadi, 2023). Suku bunga 12%, dan tarif penyusutan 4,5%. Manfaat diambil dari banyaknya volume kran air utama yang dapat diganti dengan air hujan dikalikan harga air Rp. 6000, (Tirtanadi, 2023).

Dari hasil simulasi dapat diketahui bahwa dengan semakin tingginya penggunaan air hujan, sistem akan semakin menguntungkan karena semakin banyak manfaat yang dihasilkan sehingga nilai titik impas semakin cepat diperoleh. Untuk nilai BCR > 1, tahun pengembalian modal yang paling cepat adalah untuk penggunaan P4 yaitu dalam jangka waktu 9 tahun, dan sistem akan memberikan manfaat yang lebih besar daripada biaya yang akan dikeluarkan. Secara berturut-turut, nilai pengembalian modal yang paling cepat untuk NP4, P1, dan NP1 adalah 11 tahun, 17 tahun, dan 22 tahun (Tabel 3). Jika biaya modal sistem RWH sebesar Rp. 5.385.000, dan harga jual rumah tipe 70 di Hampan Perak rata-rata sebesar Rp. 500.000.000, maka biaya awal yang harus dikeluarkan untuk membangun sistem RWH kurang dari 1% atau hanya 0,73% dari harga jual. Analisis ini menunjukkan bahwa pengembang perumahan sebaiknya membangun sistem RWH karena biayanya cukup murah dan terjangkau. Analisis biaya dan manfaat sistem RWH secara rinci ditunjukkan pada Tabel 2 dan 3.

**Tabel 2. Harga Barang**

Barang	Harga Utama				Biaya Perawatan	Biaya Operasional
	Harga Unit	Volume	Unit	Total	Total/tahun	Total/tahun
Tangki Penyimpanan (2 m <sup>3</sup> )	Rp. 3,500,000	1	buah	Rp. ,500,000	Rp. 200,000	
Pipa	Rp. 35,000	20	m	Rp. 700,000	Rp. 50,000	
Elbow	Rp. 20,000	3	buah	Rp. 60,000	Rp. 3000	
Pompa dan aksesoris	Rp. 600,000	1	buah	Rp. 600,000	Rp. 25,000	
talang air	Rp. 45,000	5	buah	Rp. 225,000	Rp. 10,000	
filter talang air	Rp. 30,000	1	buah	Rp. 30,000	Rp. 2,000	
gali tanah	Rp. 75,000	4	m <sup>3</sup>	Rp. 300,000		
Pekerja tukang	Rp. 100,000	10	pria/hari	Rp. 1,000,000		
Penggunaan air hujan						
Dapat diminum 4	Rp. 2000	99.00	m <sup>3</sup>			Rp. 198,000
Dapat diminum 1	Rp. 2000	36.15	m <sup>3</sup>			Rp. 72,300
Tidak dpt diminum 4	Rp. 2000	75.96	m <sup>3</sup>			Rp. 151,920
Tidak dpt diminum 1	Rp. 2000	23.40	m <sup>3</sup>			Rp. 46,800
Total				Rp. 5.385.000	Rp. 290,000	

**Table 3. Keuntungan Sistem RWH**

Pemanfaatan Air		Pemanfaatan Air Hujan	RWH benefit	Tahun pengembalian	BCR
Orang	Volume (m <sup>3</sup> /hari)	Volume (m <sup>3</sup> /tahun)	Rp/tahun	Tahun	
P4	0.60	99.00	Rp. 594,000	9	1.09
P1	0.15	36.15	Rp. 216,900	17	1.02
NP4	0.36	75.96	Rp. 455,760	11	1.09
NP1	0.09	23.40	Rp. 140,400	22	1.05

### KESIMPULAN

Pada studi kasus, sistem RWH dengan tangki penyimpanan berkapasitas 2 m<sup>3</sup> dapat memenuhi kebutuhan air hingga 0,36 m<sup>3</sup>/hari/rumah. Dari analisis sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan bahwa penerapan sistem RWH memberikan manfaat lingkungan dan finansial. Semakin banyak air hujan yang digunakan, semakin banyak manfaatnya. Di sisi lingkungan, sistem RWH dapat menghemat penggunaan air bersih hingga 54,92% dan mengurangi volume limpasan yang berasal dari atap hingga 71,53% per tahun jika dibandingkan dengan sistem konvensional. Penerapan sistem RWH juga memberikan manfaat finansial di mana biaya modal awal hanya 0,73% dari harga jual rumah, dan pada tahap tertentu, jumlah manfaat yang dihasilkan akan lebih besar daripada biayanya. Manfaat tidak berwujud dari sistem tersebut dapat lebih besar jika dilihat dari keberlanjutan lingkungan lebih lanjut.

### TINJAUAN PUSTAKA

- Angrill, Sara, Farreny, Ramon, Dan Gasol, 2011, *Environmental Analysis of Rainwater Infrastructures in Diffuse and Compact Urban Models in Mediterranean Climate*, International Journal of Life Cycle Assess, Germany.
- Frasier, G.W., Myers, L., 1983, *Handbook of Water Harvesting*, US Department of Agriculture, USA.
- Fewkes, A., 2006, *Modelling the performance of rainwater collection systems: towards a generalised approach*, Urban Water Journal Vol 4 (323–333), UK.
- Fewkes, A., Butler, D., 1999, *The Sizing of Rainwater Stores Using Behavioural Models*, Proceedings of the 9th International Rainwater Catchment Systems Conference, Brazil.
- Gould, J., dan Nissen-Peterson, E, 1999, *Rainwater catchment systems for domestic supply: design, construction and implementation*, Intermediate Technology Publications, London.
- Giantman, 2006, *Ekonomi Teknik*, P.T. Raja Grasindo Persada, Jakarta.
- Liaw, C.H., Y.L. Tsai. 2004. Optimum Storage Volume of Rooftop Rainwater Harvesting Systems for Domestic Use. *Journal of the American Water Resources Association*, 40(4): 901–912.
- Meera V and Ahammed, M.M.. (2006) *Water Quality of Rooftop Rainwater Harvesting Systems: A review*, *Journal of Water Supply Research and Technology—Aqua*, 55, 257–493.
- Mangiring, Dian, 2007, *Kajian Pola Konsumsi Air Bersih Rumah Tangga di Kelurahan Setiamanah Kota Cimahi sebagai Masukan Bagi Upaya Konservasi*, Master Thesis, ITB, Bandung.
- PERUMDA Tirtanadi, 2023. Laporan Bulanan, Divisi *Penelitian dan Pengembangan*.
- Roebuck, R.M., dan Ashley, 2006, *Predicting The Hydraulic and Life Cycle Cost Performance of Rainwater Harvesting System Using a Computer Based Modelling Tool*, Proceeding 7th International Conference of Urban Drainage Modelling, Australia.
- Roebuck R.M., 2010, *A Whole Life Costing Approach for Rainwater Harvesting Systems*,

Dissertation, Bradford University, Australia.

Rahman, A., Dbais, J., and Imteaz, M., 2010, *Sustainability of Rainwater Harvesting Sitem in Multistorey Residential Buildings*, *American Journal of Engineering and Applied Sciences* 3 (73–82), United States.

U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), *Air: dunia yang dahaga, 2010*, National Geographic Indonesia, Jakarta.