

PROYEKSI POTENSI PENGHEMATAN AIR DENGAN SISTEM PEMANENAN AIR HUJAN PADA RUSUNAWA

Vittorio Kurniawan¹, Arianti Sutandi², dan Michael Randy Raharja³

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1, Jakarta, Indonesia
vkurniawan@ft.untar.ac.id

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1, Jakarta, Indonesia
ariantis@ft.untar.ac.id

³Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1, Jakarta, Indonesia
michael.325160129@stu.untar.ac.id

Masuk: 16-10-2023, revisi: 13-11-2023, diterima untuk diterbitkan: 24-11-2023

ABSTRACT

The declining supply of freshwater is the challenge in modern times and rainwater harvesting (RWH) is an alternative to solve the problem. This paper studies the potency of water saving at Rusunawa Muara Baru (Muara Baru Public Flat) by daily analysis instead of monthly or yearly analysis in order to take into account the rainwater tank's capacity. The research is performed by projecting the daily rainfall during January 2019 – August 2020 onto the daily water use of the public flat occupants. Because the daily water consumption data does not exist, the paper sets the daily water consumption as per the issued standard and validates it with the real data. The water conservation rate of the RWH is determined by having the factual water usage volume reduced by the stored rainwater volume in daily timescale. The analysis presents 7,55 % water conservation during the research period, and 6,57 % by assuming average annual rainfall for Jakarta region. The daily analysis in this case does not produce different outcome compared to monthly or yearly analysis because the rainwater tank has large volume. However, daily analysis will be relevant when the storage capacity is small..

Keywords: rainwater harvesting; public flat; water conservation; daily analysis; storage capacity

ABSTRAK

Ketersediaan air bersih yang semakin sedikit merupakan tantangan di dunia modern dan sistem pemanenan air hujan (SPA) merupakan salah satu alternatif solusi. Artikel ini meneliti potensi penghematan air di Rusunawa Muara Baru dengan analisis harian, bukan dengan analisis bulanan atau tahunan untuk mempertimbangkan kapasitas tampungan tangki air hujan. Penelitian ini dilakukan dengan memproyeksikan hujan pada Januari 2019 – Agustus 2020 ke kebutuhan air harian dari penghuni rusunawa. Karena data penggunaan air harian tidak ada, penelitian ini mengambil angka berdasarkan standar yang berlaku dan divalidasi dengan kebutuhan air faktual. Lalu, tingkat penghematan air oleh SPA dihitung dengan mengurangi volume pemakaian air harian dengan volume air hujan yang ditampung secara harian. Hasil analisis menunjukkan bahwa SPA menghemat air sebesar 7,55 % sepanjang periode penelitian dan 6,57 % dengan curah hujan tahunan rata-rata di wilayah Jakarta. Analisis harian di kasus ini tidak menghasilkan hasil yang berbeda dengan analisis bulanan atau tahunan karena besarnya volume tangki air hujan. Namun, analisis harian akan diperlukan bila kapasitas tampungan bervolume kecil.

Kata kunci: sistem pemanenan air hujan, rusunawa, konservasi air, analisis harian, kapasitas tampungan

1. PENDAHULUAN

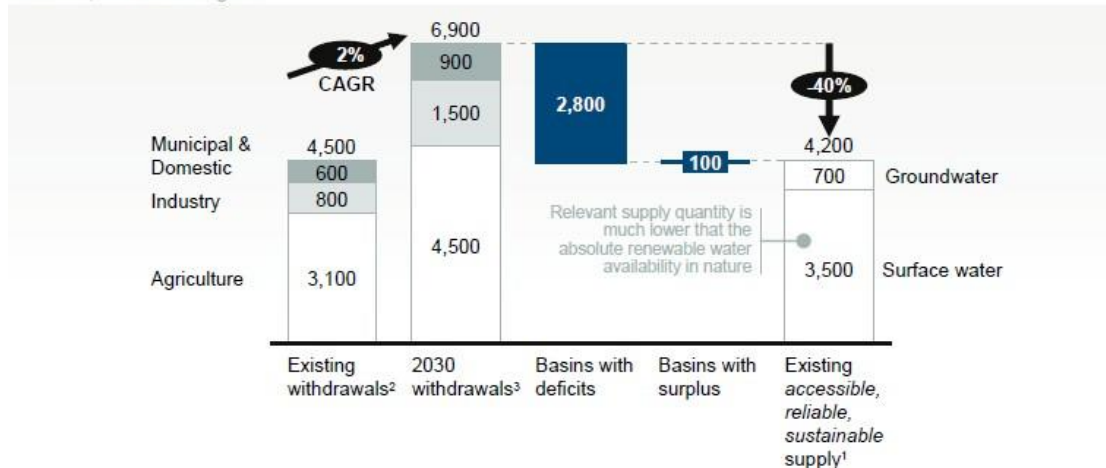
Krisis air bersih di daerah perkotaan menjadi isu yang sangat krusial seiring dengan berjalannya waktu (Inkani et al., 2020). Hal ini disebabkan oleh peningkatan populasi manusia, urbanisasi, polusi air, dan peningkatan taraf hidup tanpa diimbangi dengan peningkatan ketersediaan air (Molinos-Senante & Donoso, 2016). Bahkan The 2030 Water Resources Group (2009) memprediksi bahwa akan terjadi 40 % kekurangan air pada tahun 2030 tanpa strategi untuk mengantisipasi krisis air bersih (Gambar 1).

Karena itu, diperlukan langkah konkret untuk mencegah kekurangan air baku dengan mewujudkan konsep panen air hujan (rainwater harvesting), yaitu pengumpulan air hujan yang ditampung dalam sebuah reservoir dan kemudian dimanfaatkan (Notaro, et al., 2016). Berdasarkan konsep tersebut, Sistem pengelolaan air hujan (SPA) dilakukan

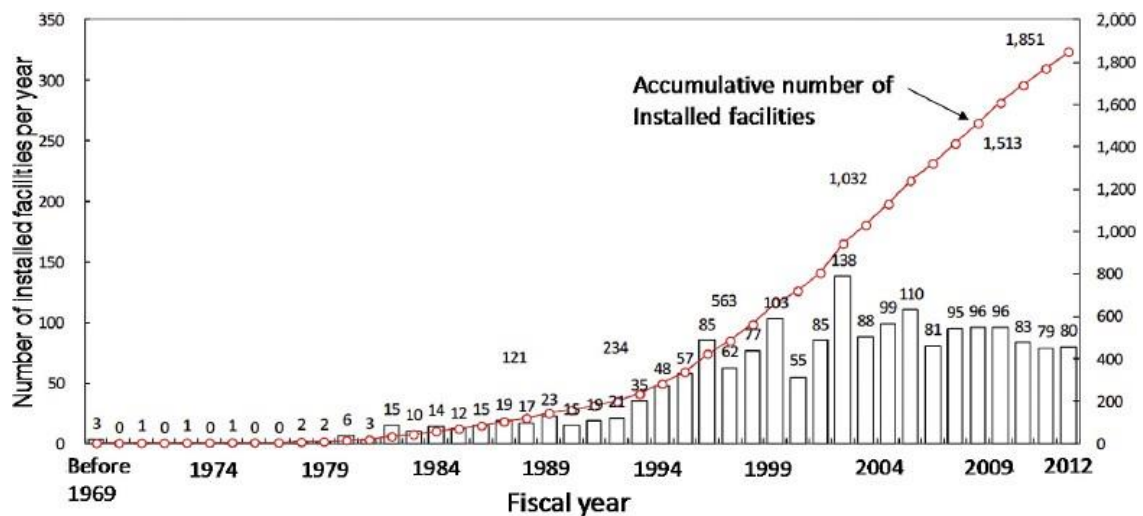
untuk mengatasi masalah kekurangan air baku. Implementasi dari SPAH perlu memperhatikan aspek pemeliharaan, peningkatan efisiensi pemanfaatan air hujan serta daya terima masyarakat (Marwa, et al., 2019).

Aggregated global gap between existing accessible, reliable supply¹ and 2030 water withdrawals, assuming no efficiency gains

Billion m³, 154 basins/regions



Gambar 1. Prediksi perbandingan ketersediaan dengan kebutuhan air bersih pada tahun 2030 secara global (The 2030 Water Resources Group, 2009)



Gambar 2. Jumlah fasilitas SPAH di Jepang (Campisano, et al., 2017)

Penerapan SPAH menjadi semakin populer dalam beberapa dekade terakhir di berbagai belahan dunia (Campisano, et al., 2017; Tzanakakis, et al., 2020; Zhang, et al., 2019). Contohnya adalah di Jepang (lihat Gambar 2.) di mana tren pemanfaatan SPAH naik pesat sejak tahun 1980.

Penggunaan air SPAH juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber air minum pada musim kemarau (Prihadi, et al., 2019) dan memberikan keuntungan secara finansial dalam penghematan biaya air (Stec & Zelenáková, 2019). Tak hanya itu, SPAH pun mulai dipertimbangkan untuk menjadi solusi untuk mengurangi banjir (Hofman-Caris, et al., 2019; Freni & Liuzzo, 2019). Contohnya pada Perumahan Bone Biru Indah Permai Kota Watampone mampu mereduksi limpasan drainase 85,38 % dari total limpasan yang terjadi (Ali, et al., 2017).

Jumlah penelitian mengenai efektivitas SPAH juga meningkat seiring dengan semakin populernya penerapan SPAH. Studi-studi yang ada menunjukkan hasil yang bervariasi. Efektivitas SPAH bisa bergantung kepada karakteristik ekonomi dan karakteristik curah hujan pada suatu negara (Amos, et al., 2016). Selain itu, iklim juga berpengaruh terhadap efektivitas (Mehrabadi, et al., 2013). Studi mengenai SPAH biasanya langsung menghitung volume hujan tertampung dengan nilai hujan bulanan atau bahkan tahunan (Fathi, et al., 2014). Contohnya perhitungan volume

tangki SPAH berdasarkan jumlah volume suplai bulanan tertinggi pada musim penghujan (Riyanto & Setiawan, 2020) dan debit air hujan yang dapat dipanen berdasarkan curah hujan andalan (Ramadhayanti & Helda, 2021).

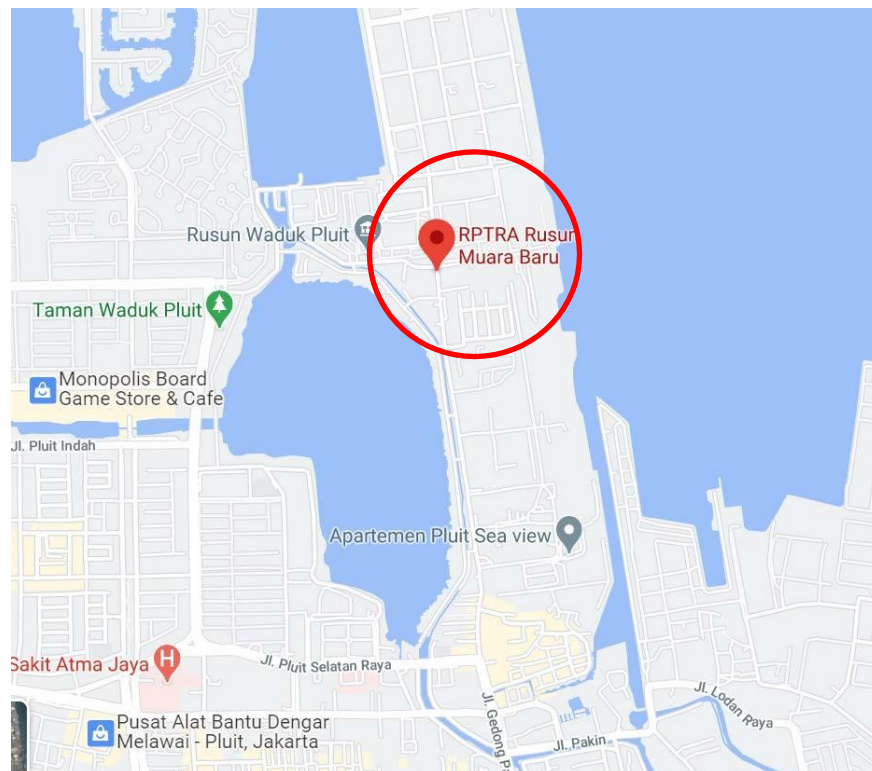
Mengingat semakin krusialnya SPAH di masa mendatang untuk menghemat air, diperlukan penelitian untuk menyelidiki apakah seberapa besar manfaat penerapan SPAH. Karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat penghematan air dengan SPAH apabila diterapkan di Rusunawa Muara Baru.

2. METODE

Artikel ini mengambil studi kasus di Rusunawa Muara Baru yang terletak di Kota Jakarta Utara. Lokasi rusunawa ditunjukkan pada peta di Gambar 3 dan detail lokasi studi kasus dituliskan di Tabel 1. Gambaran mengenai kondisi rusunawa bisa dilihat di Gambar 4.

Tabel 1. Detail Lokasi Rusunawa Muara Baru

Nama	Rusunawa Muara Baru
Koordinat	6°06'41.1"LS 106°48'08.0"BT
Alamat	Jl. Muara Baru Ujung Gedung Pompa No.22 B, RT.22/RW.17, Penjaringan, Kec. Penjaringan, Kota Jakarta Utara, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 14440
Menara/blok	Blok 5, Blok 6, dan Blok 7
Luas per blok	1052,45 m ²
Jumlah unit per blok	100
Mulai beroperasi	2013



Gambar 3. Lokasi Rusunawa Muara Baru (Google Maps di dalam lingkaran merah)

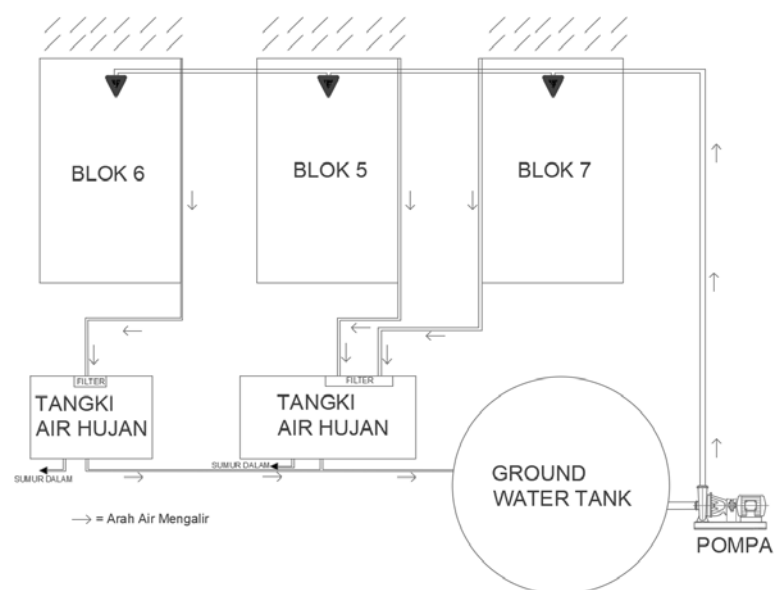


Gambar 4. Blok 5 dan 6 Rusunawa Muara Baru

Rusunawa Muara Baru yang terletak di Penjaringan Jakarta Utara merupakan rusun yang dibangun sejak tahun 2010 dan menjadi tempat tinggal bagi sebagian masyarakat di pesisir utara. Di rusunawa ini dihuni oleh kurang lebih 400 kepala keluarga per bloknya dari berbagai daerah seperti Makassar dan Jawa dengan beragam profesi dimana sekitar 60 % merupakan karyawan, 30 % merupakan nelayan dan 10 % berprofesi lain-lain. Pada rusunawa ini banyak sekali masyarakat yang sering merasa kekurangan air bersih dikarenakan lokasi yang berada di pinggir pantai sehingga air tanah sangat sulit didapatkan. Air tanah yang bisa didapat pasti sangat tidak bersih sehingga masyarakat kebanyakan harus membeli air dari tukang air.

Pada tahun 2018 dibangunlah sebuah alternatif yaitu sistem pemanenan air hujan. Sistem pemanenan air hujan ini cukup efektif untuk mengurangi permasalahan krisis air di Rusunawa Muara Baru. Namun selain untuk memenuhi kebutuhan warga saat krisis air, sistem ini digunakan pula untuk sumur dalam dan juga untuk sanitasi di bangunan rusunawa.

Pada Rusunawa Muara Baru, terdapat Menara /blok dengan Blok 5 dan Blok 7 memiliki bak penampung air hujan sebesar 215 m³ masing-masing dan Blok 6 memiliki 1 buah bak penampung air hujan sebesar 115 m³. Total tampungannya adalah 545 m³. Bak penampung air hujan diperlihatkan pada Gambar 5 dan skema penampungan air hujan ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 5. Skema SPAH Rusunawa Muara Baru



Gambar 6. Bak penampung air Rusunawa Muara Baru

Data-data yang dipakai untuk studi ini adalah data pemakaian air PDAM dari rusunawa periode Januari 2019- Agustus 2020; jumlah unit rusunawa yang ditinggali; denah rusunawa; dan data hujan dari stasiun BMKG.

Langkah awal untuk mencapai tujuan penelitian adalah dengan melakukan survei mengenai jumlah pemakaian air, luas atap bangunan, jumlah unit, dan data curah hujan di stasiun BMKG. Lalu, hitung volume air hujan yang dapat dipanen dari atap. Bandingkan jumlah pemakaian air secara teoritis (menurut SNI 03-7065-2005 Tata cara perencanaan sistem plambing) dengan pemakaian air faktual (berdasarkan tagihan PDAM). Terakhir, hitung potensi penghematan dengan mengurangi jumlah pemakaian air teoritis (dari SNI 03-7065-2005) dengan volume air hujan yang dapat dipanen (dari data hujan harian BMKG).

Jumlah pemakaian air secara teoritis menurut SNI 03-7065-2005 harus divalidasi dengan pemakaian air faktual karena tidak adanya catatan pemakaian air PDAM secara harian melainkan hanya bulanan. Analisis penghematan air secara harian baru bisa dilakukan apabila volume pemakaian air secara teoritis cocok dengan kenyataan di lapangan.

Data volume pemakaian air baku dari PDAM dari Blok 5, 6, dan 7 dihimpun langsung dari pengelola Rusunawa Muara Baru. Volume pemakaian air dari rusunawa pada periode Januari 2019 – Agustus 2020 ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Data pemakaian air PDAM tahun 2019

Bulan	Pemakaian air (m ³)			
	Blok 5	Blok 6	Blok 7	Total
Januari	1106	1013	1357	3476
Februari	1174	1240	1478	3892
Maret	1115	948	1027	3090
April	1294	1134	1550	3978
Mei	1201	1057	1103	3361
Juni	1097	1179	1310	3586
Juli	1360	1087	1181	3628
Agustus	1215	1205	1279	3699
September	1376	1100	1132	3608
Oktober	1190	1131	1411	3732
November	1338	1107	1327	3772
Desember	1214	1227	1509	3950

Tabel 3. Data pemakaian air PDAM tahun 2020

Bulan	Pemakaian air (m ³)			
	Blok 5	Blok 6	Blok 7	Total
Januari	1598	1280	1667	4545
Februari	2171	1085	1107	4363
Maret	1253	1049	965	3267
April	1291	1364	1796	4451
Mei	1667	1257	1484	4408
Juni	844	1110	1089	3043
Juli	1204	1144	1365	3713
Agustus	1166	1044	1367	3577

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemakaian Air Baku

Perhitungan volume air hujan yang bisa ditampung dilakukan dengan mengalikan koefisien pengaliran (C) dengan curah hujan harian (R) dan luas atap dari Blok 5, 6, & 7 (A) seperti yang tertulis pada Persamaan 1:

$$V = C . R . A \dots \dots \dots (1)$$

Atap gedung terbuat dari beton kedap air. Karena itu koefisien pengaliran dapat dianggap 0,9 (SNI 2415-2016 Tata cara perhitungan debit banjir rencana) mengingat tingkat kededapan air yang sebanding.

Tabel 4. Koefisien runoff (SNI 2415-2016 Tata cara perhitungan debit banjir rencana)

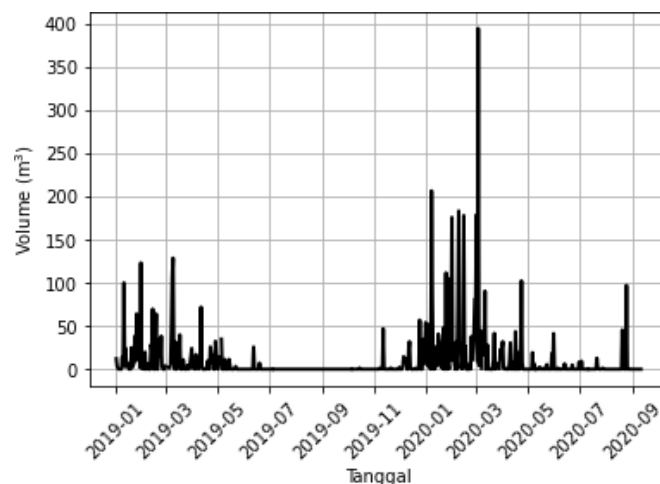
Tata guna lahan	Karakteristik	C
Pusat perbelanjaan dan perkantoran		0,90
Industri	Bangunan penuh	0,80
Pemukiman (kepadatan menengah – tinggi)	20 rmh/ha	0,48
	30 rmh/ha	0,55
	40 rmh/ha	0,65
	60 rmh/ha	0,75
Pemukiman (kepadatan rendah)	10 rmh/ha	0,40
Taman	Daerah datar	0,30
Pedesaan	Tanah berpasir	0,00
	Tanah berat	0,00
	Daerah irigasi	0,00

Data curah hujan yang digunakan adalah data dari Stasiun BMKG Kemayoran pada tahun 2019-2020 karena stasiun ini berdekatan dengan lokasi penelitian.

Dimensi atap untuk setiap blok adalah 54,25 m x 19,40 m sehingga luas atap per blok adalah 1052,45 m². Berdasarkan keterangan pengelola, area tangkapan air hujan hanya dipakai setengahnya. Karena itu, luas tangkapan total adalah:

$$A = 3 \cdot 0,5 \cdot (54,25 \text{ m} \cdot 19,40 \text{ m}) = 1578,68 \text{ m}^2$$

Hasil perhitungan volume air hujan per hari diperlihatkan pada Gambar 11. Total volume air hujan yang tertampung sepanjang periode pengamatan (Januari 2019 – Agustus 2020) adalah 5517 m³. Terlihat bahwa biasanya rusunawa bisa menampung 30-40 m³ air per hari ketika musim hujan. Volume maksimum terjadi pada 25 Februari 2020 ketika BMKG Kemayoran mencatat curah hujan sebesar 277,5 mm/hari sehingga rusunawa mendapatkan air hujan dengan volume 394,27 m³.



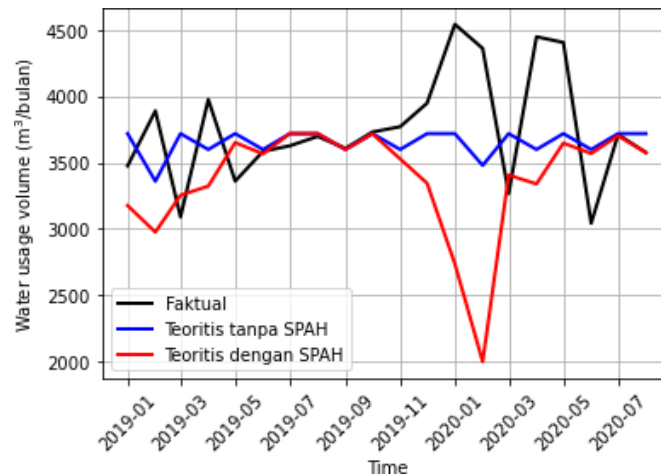
Gambar 7. Volume air hujan yang ditampung Rusunawa Muara Baru setiap hari

Potensi Penghematan dari SPAH

Perhitungan potensi penghematan air dari SPAH Rusunawa Muara Baru dilakukan dengan memproyeksikan volume air hujan yang ditampung ke volume pemakaian air secara teoritis (100 l/orang/hari menurut regulasi). Gambar 12 memperlihatkan potensi penghematan air dan penjelasannya adalah sebagai berikut:

1. Garis biru menggambarkan volume pemakaian air secara teoritis.

2. Garis merah menggambarkan proyeksi pemakaian air apabila SPAH telah dipakai pada periode Januari 2019 – Agustus 2020. Garis merah adalah volume pemakaian air teoritis (garis biru) dikurangi dengan volume hujan yang ditampung (Gambar 11).
3. Garis hitam adalah pemakaian air secara faktual dan garis ini hanya ditampilkan sebagai pembandingan.



Gambar 8. Perbandingan pemakaian air di rusunawa secara teoritis tanpa SPAH & dengan SPAH

Seluruh perhitungan penghematan air dilakukan secara harian. Gambar 12 menampilkan hasil perhitungan secara bulanan hanya untuk mempermudah visualisasi. Baik garis biru maupun garis merah didapatkan dengan menjumlahkan nilai-nilai yang didapat secara harian.

Catatan lainnya adalah tampungan yang dimiliki rusunawa sudah lebih dari cukup untuk menampung air hujan yang ditangkap atap selama periode penelitian. Karena itu, tidak ada air hujan yang harus dibuang karena tidak tertampung. Artinya, volume pemakaian air teoritis bisa langsung dikurangi dengan volume hujan yang ditampung, bukan dengan volume tampungan maksimum.

Selain itu, volume kebutuhan air penghuni rusunawa selalu lebih besar daripada volume hujan yang tertampung. Karena itu, tidak ada air berlebih yang bisa disimpan untuk keesokan harinya. Artinya, volume pemakaian air teoritis bisa langsung dikurangi dengan volume hujan yang ditampung, bukan dengan volume tampungan maksimum ditambah dengan sisa tampungan dari hari sebelumnya.

Gambar 12 memperlihatkan bahwa adanya SPAH dapat mengurangi pemakaian air dari penghuni rusunawa. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa volume air hujan yang tertampung sepanjang periode penelitian adalah 5517 m³ sedangkan volume air yang dibutuhkan warga secara teoritis adalah 73080 m³. Sebagai catatan, total volume kebutuhan air faktual adalah 75139 m³. Dari data-data tersebut, persentase penghematan air bisa dihitung dengan:

$$\% \text{ penghematan} = \frac{\text{volume air hujan tertampung}}{\text{volume kebutuhan air teoritis}} \cdot 100 \% \dots\dots(2)$$

$$\frac{5517 \text{ m}^3}{73080 \text{ m}^3} \cdot 100 \% = 7,55 \%$$

Dari perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa Rusunawa Muara Baru mampu menghemat penggunaan air sebesar 7,55 % apabila SPAH telah diterapkan pada Januari 2019 – Agustus 2020.

Data curah hujan dari BMKG Kemayoran mencatatkan total curah hujan 1560 mm/tahun pada tahun 2019. Dengan metode perhitungan di atas, volume hujan yang tertampung adalah 2052 m³. Volume kebutuhan air yang dibutuhkan warga sepanjang tahun 2019 secara teoritis adalah 43800 m³. Maka, penghematan air pada Rusunawa sepanjang tahun 2019 adalah 4,68 % apabila SPAH telah diterapkan.

Curah hujan tahunan di wilayah DKI Jakarta adalah 2026 mm/tahun (Tabel 5). Nilai ini diambil dengan menganalisis data dari situs BMKG daring (dataonline.bmkg.go.id/). Curah hujan pada tahun 2019 sebesar 1560 mm/tahun adalah nilai di bawah rata-rata. Bila diasumsikan bahwa normalnya curah hujan tahunan adalah 2026 mm/tahun, bisa diperkirakan bahwa Rusunawa akan mampu menghemat air sebesar 6,57 % per tahun.

Tabel 5. Curah hujan tahunan dari BMKG Kemayoran beserta rata-ratanya

Tahun	R (mm)	Tahun	R (mm)
2000	1629	2011	1274
2001	1599	2012	1488
2002	2061	2013	2528
2003	1751	2014	2837
2004	1840	2015	2087
2005	2157	2016	2712
2006	1614	2017	2152
2007	2354	2018	1502
2008	1909	2019	1560
2009	1973	2020	2758
2010	2395	2021	2395
Rata-rata (mm/tahun)		2026	

Nilai penghematan air dari penerapan SPAH sangat bervariasi dan tergantung kepada beberapa hal misalnya tipe penggunaan bangunan, metode perhitungan, luas tangkapan, atau karakteristik iklim. Penelitian ini memperkirakan rusunawa mampu menghemat 6,57 % pada kondisi normal (curah hujan 2026 mm/tahun) dan mampu mencapai 7,55 % pada periode penelitian. Bila dibandingkan dengan gedung kantor BPPT Banten, penghematan air sebesar 2,4-20% (Yudo, 2018). Nilai ini cukup jauh dibandingkan dengan penelitian pada Rusunawa Tamansari di Bandung sebesar 19-23 % (Devitama & Paramita, 2018) atau penelitian pada Rusunawa Penjaringan Sari Surabaya sebesar 16-20 % (Nadia & Mardiyanto, 2016) atau apartemen di Bandung sebesar 31,74-54,22% (David, et al., 2019). Namun, hal ini disebabkan oleh rusunawa yang hanya mampu memanfaatkan setengah dari atapnya untuk menangkap hujan. Rusunawa Muara Baru akan mampu meningkatkan tingkat penghematan air bila pengelola mampu memanfaatkan seluruh atap bangunan.

Di kasus ini, perhitungan secara harian (memperhitungkan batasan tampungan) akan menghasilkan nilai penghematan air yang sama dengan perhitungan secara bulanan atau tahunan. Sebabnya adalah besarnya tampungan yang dimiliki oleh rusunawa yaitu 545 m³. Bahkan bak penampung hujan hanya terisi maksimal sebesar 394,27 m³ selama pengamatan. Batasan tampungan menjadi signifikan ketika tangki penampung air hujan tidak bervolume besar sehingga air hujan berlebih tidak bisa disimpan melainkan harus dibuang ke saluran drainase.

4. KESIMPULAN

Dengan memproyeksikan hujan di sepanjang periode penelitian (Januari 2019 – Agustus 2020), didapatkan bahwa Rusunawa Muara Baru bisa menghemat air sebesar 7,55 %. Dan, dengan mengasumsikan curah hujan normal sebesar 2026 mm/tahun di wilayah DKI Jakarta, Rusunawa Muara Baru bisa menghemat air sebesar 6,57 %. Perbedaan angka ini karena curah hujan yang sangat tinggi di Jakarta pada awal 2020. Angka penghematan ini relatif kecil, namun pengelola rusunawa bisa meningkatkannya bila seluruh atap bangunan bisa dimanfaatkan.

Perhitungan angka penghematan air secara harian tidak menghasilkan angka yang berbeda bila dilakukan secara bulanan atau tahunan. Sebabnya adalah Rusunawa Muara Baru mempunyai tangki air hujan yang besar sehingga tidak perlu ada air hujan yang terbuang akibat penuhnya tangki. Namun, metode perhitungan secara harian dan pertimbangan terhadap kapasitas tampungan tetap direkomendasikan terutama di bangunan dengan ruang yang terbatas misalnya gedung di tengah kota padat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Untar yang telah mendanai penelitian ini. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada Rusunawa Muara Baru yang telah menyediakan informasi dan data bagi penelitian kami.

DAFTAR PUSTAKA

- Amos, C. C., Rahman, A., & Gathenya, J. M. (2016). Economic Analysis and Feasibility of Rainwater Harvesting Systems in Urban and Peri-Urban Environments: A Review of the Global Situation with a Special Focus on Australia and Kenya. *Water*.
- Ali, I., Suhardjono, & Hendrawan, A. P. (2017). Pemanfaatan Sistem Pemanenan Air Hujan (Rainwater Harvesting System) di Perumahan Bone Biru Indah Permai Kota Watampone Dalam Rangka Penetapan Sistem Drainase Berkelanjutan. *Jurnal Teknik Pengairan*, 26-38.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. (2022). Diambil dari dataonline.bmkg.go.id
- Badan Standardisasi Nasional. (2005). SNI 03-7065-2005 Tata cara perencanaan sistem plambing.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). SNI 2415-2016 Tata cara perhitungan debit banjir rencana.
- David, V. V., Pharmawati, K., & Usman, D. K. (2019). Implementasi Konsep Konservasi Air di Gedung Apartemen X. *Serambi Engineering*, 694-702.
- Devitama, F. F., & Paramita, B. (2018). Sustainable development concept of rain harvesting for public flat in Tamansari Village, Bandung. *3rd International Symposium for Sustainable Landscape Development (ISSLD 2017)*. 179. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.
- Campisano, A., Butle, D., War, S., Burns, M. J., Friedler, E., DeBusk, K., . . . Han, M. (2017). Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. *Water Research*, 195-209.
- Fathi, A. S., Utami, S. S., & Budiarto, R. 2014. Perancangan Sistem Rain Water Harvesting, Studi Kasus: Hotel Novotel Yogyakarta. *Teknofisika - Jurnal Ilmiah Bidang Teknik Fisika*, 3(2).
- Freni, G., & Liuzzo, L. (2019). Effectiveness of Rainwater Harvesting Systems for Flood Reductions in Residential Urban Areas. *Water*.
- Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta. (2005). Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 122 Tahun 2005 tentang Pengelolaan Air Limbah Domestik di Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta.
- Hofman-Caris, R., Bertelkamp, C., Waal, L. d., Brand, T. v., Hofman, J., Aa, R. v., & Hoek, J. P. (2019). Rainwater Harvesting for Drinking Water Production: A Sustainable and Cost-Effective Solution in The Netherlands? *Water*.
- Inkani, A., Saleh, H., & Rumah, M. (2020). Toward tackling urban water scarcity: linking risk, vulnerability adaptive capacity and adaptation at household level. *Journal of Environmental Planning and Management*.
- Marwa, Q. Q., Mwamila, T. B., Gwenzi, W., & Noubactep, C. (2019). Making Rainwater Harvesting a Key Solution for Water Management: The Universality of the Kilimanjaro Concept. *Sustainability*, 1-15.
- Mehrabadi, M. H., Saghaian, B., & Fashi, F. H. (2013). Assessment of residential rainwater harvesting efficiency for meeting non-potable water demands in three climate conditions. *Resources, Conservation and Recycling*, 86-93.
- MLIT. (2014). *Water Resources in Japan 2014*. Diambil kembali dari http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/mizsei/mizukokudo_mizsei_fr2_000012.html
- Molinos-Senante, M., & Donoso, G. (2016). Water scarcity and affordability in urbanwater pricing: A case study of Chile. *Utilities Policy*, 1-10.
- Nadia, F., & Mardiyanto, M. A. (2016). Perencanaan Sistem Penampung Air Hujan sebagai Salah Satu Alternatif Sumber Air Bersih di Rusunawa Penjaringan Sari Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2).
- Notaro, V., Liuzzo, L., & Freni, G. (2016). Reliability Analysis of Rainwater Harvesting System in Southern Italy. *Procedia Engineering*, 373-380.
- Prihadi, L. R., Yulistyorini, A., & Mujiyono. (2019). Desain Sistem Pemanenan Air Hujan Pada Rumah Hunian di Daerah Karst Kabupaten Malang. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 59-71.
- Ramadhayanti, N. R., & Helda, N. (2021). Analisis Potensi Pemanenan Air Hujan Dalam Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih di Kecamatan Banjar Baru Utara. *Jurnal Rivet (Riset dan Inovasi Teknologi)*, 48-56.
- Riyanto, E., & Setiawan, A. (2020). Pemanenan Air Hujan Menggunakan Ground Water Tank untuk Pemenuhan Air Baku di Lokasi Bangunan Perkuliahan (Lokasi Penelitian: Kampus 3, UM Purworejo). *Semesta Teknika*, 54-62.
- Stec, A., & Zeleňáková, M. (2019). An Analysis of the Effectiveness of Two Rainwater Harvesting Systems Located in Central Eastern Europe. *Water*.
- The 2030 Water Resources Group. (2009). *Charting Our Water Future Economic frameworks to inform decision-making*.
- Tzanakakis, V. A., Paranychiakis, N. V., & Angelakis, A. N. (2020). Water Supply and Water Scarcity. *Water*.
- Yudo, S. (2018). Upaya Penghematan Air Bersih di Gedung Perkantoran, Studi Kasus: Penghematan Air di Gedung Kantor BPPT. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 97-105.
- Zhang, S., Zhang, J., Yue, T., & Jing, X. (2019). Impacts of climate change on urban rainwater harvesting systems. *Science of the Total Environment*, 262-274.