

Toward blue campus: analisis potensi hidrologis sistem pemanenan air hujan untuk manajemen air berkelanjutan

Ni Made Candra Partarini^{1,*}, Tri Hayatining Pamungkas², Shofwatul Fadilah³

¹Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Sleman, Indonesia

²Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Ngurah Rai, Denpasar, Indonesia

³Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Sleman, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Rainwater harvesting
Hydrologic potential
Water availability
Sustainability

Corresponding Author:

Ni Made Candra Partarini

made.candra@uajy.ac.id

Abstract

Rainwater harvesting (PAH) has become an important strategy for improving water sustainability in urban and institutional environments, especially in regions experiencing increasing water use. This study presents a hydrological potential analysis of rainwater harvesting systems for two newly constructed buildings at Universitas Atma Jaya Yogyakarta (UAJY). The assessment focuses on estimating the volume of harvestable rainwater based on historical rainfall data, rooftop catchment characteristics, and runoff coefficients appropriate for the building materials. The analysis applies a rainfall-runoff approach to calculate monthly and annual water yield, as well as to evaluate system efficiency under various rainfall scenarios. Results indicate that both buildings possess substantial potential for rainwater collection, with estimated annual yields capable of supporting non-potable water needs such as toilet flushing, landscape irrigation, and cleaning. The findings demonstrate that UAJY has substantial hydrological potential to transition toward a Blue Campus model. The total maximum volume of rainwater for Laboratory Building is 852,836.71 liter/year and 693,526.25 liter/year for the Student Center. Implementing PAH is not only technically feasible but essential for long-term water security in campus. This study provides essential quantitative insights to support the integration of rainwater harvesting infrastructure in future campus developments.

Copyright © 2026 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Kelangkaan air telah menjadi perhatian yang semakin kritis di banyak wilayah perkotaan di seluruh dunia akibat pertumbuhan populasi, perluasan lingkungan terbangun, dan dampak perubahan iklim terhadap pola curah hujan, terutama di Indonesia (World Bank, 2021). Seiring dengan terus meningkatnya permintaan air perkotaan, pemanenan air hujan (PAH) telah mendapatkan perhatian internasional sebagai pendekatan yang praktis dan berkelanjutan untuk melengkapi sistem pasokan air konvensional. Perkembangan

penelitian global menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam studi mengenai PAH selama dua dekade terakhir, dengan kontribusi penting yang berfokus pada dampak perubahan iklim, kinerja sistem, dan aplikasi manajemen air perkotaan (Fioramonte dkk., 2022; Wartalska dkk., 2024a). Berbagai penelitian ini menyoroti tumbuhnya minat terhadap pemanfaatan PAH sebagai strategi yang layak untuk meningkatkan ketahanan air, baik di negara maju maupun berkembang.

Sistem PAH pada bangunan menawarkan peluang substansial untuk penghematan air minum dan air non-minum, khususnya di lingkungan institusional seperti tingkat universitas. Tinjauan internasional yang komprehensif menunjukkan bahwa PAH dapat mengurangi konsumsi air minum sebesar 20–65% dan menurunkan volume limpasan air hujan sebesar 13–91%, yang menunjukkan manfaat lingkungan maupun hidrologis. Temuan ini menggarisbawahi potensi PAH untuk meningkatkan efisiensi air, mengurangi tekanan pada pasokan kota, dan memitigasi dampak lingkungan yang terkait dengan limpasan air perkotaan. Lebih lanjut, studi penilaian siklus hidup secara konsisten menunjukkan bahwa sistem PAH terdesentralisasi memiliki kinerja lingkungan yang lebih baik dibandingkan sistem pasokan terpusat, sehingga memperkuat argumen untuk mengintegrasikannya ke dalam pembangunan gedung modern (Teston dkk., 2022a).

Di lingkungan universitas, penerapan PAH sangat relevan karena area atapnya yang relatif luas, pola penggunaan air yang dapat diprediksi, serta insentif institusional yang kuat untuk mendukung inisiatif keberlanjutan. Bangunan yang baru dibangun memberikan peluang yang lebih besar karena komponen PAH (seperti talang, sistem penyaluran, penyimpanan, dan pengolahan dasar) dapat diintegrasikan sejak awal ke dalam desain arsitektur dan perpipaan, sehingga mengurangi kendala perbaikan (*retrofitting*) serta meningkatkan kinerja sistem. Selain itu, penentuan ukuran penyimpanan didasarkan pada potensi hasil panen yang juga bergantung pada karakterisasi curah hujan pada wilayah studi. Keandalan sistem PAH sangat dipengaruhi oleh variabilitas temporal curah hujan serta jenis dan panjang data curah hujan yang digunakan dalam analisis (Campisano dkk., 2017a).

Dalam konteks Universitas Atma Jaya Yogyakarta (UAJY), analisis potensi hidrologis untuk dua bangunan kampus yang baru dibangun menjadi penting untuk memprediksi potensi air yang dapat dipanen.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi hidrologis sistem pemanenan air hujan pada dua gedung baru di UAJY melalui pendekatan berbasis curah hujan-limpasan. Fokus utama riset ini adalah menguantifikasi volume potensial air hujan yang dapat dipanen dari tangkapan atap dengan memanfaatkan data curah hujan jangka panjang dan koefisien limpasan yang presisi. Dengan menyajikan bukti kuantitatif mengenai hasil panen air dan kinerja sistem, studi ini diharapkan dapat memberikan wawasan praktis bagi integrasi infrastruktur PAH dalam pengembangan kampus di masa depan, sekaligus memperkuat ketahanan air institusional secara berkelanjutan.

Metode

Gambaran wilayah studi

Penelitian ini dilaksanakan di Kampus UAJY yang berlokasi di Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia. Kampus ini beroperasi di kawasan perkotaan yang memerlukan inovasi untuk mendukung keberlanjutan kota, terutama dalam hal pengelolaan limpasan air. Dengan koordinat sekitar 7°46'49"S 110°24'51"E, lokasi kampus berada di zona iklim muson tropis yang memiliki musim hujan dan musim kemarau yang jelas, yang merupakan faktor penting dalam potensi hidrologis sistem PAH. Analisis pada studi ini akan menggunakan dua bangunan baru di kawasan kampus UAJY. Dua bangunan ini merupakan bagian dari ekspansi universitas untuk mengakomodasi lingkungan akademiknya. Struktur bangunan modern ini memiliki permukaan atap yang luas, sehingga menawarkan potensi yang signifikan untuk menampung air hujan. Dua bangunan yang dianalisis potensi hidrologisnya untuk penerapan PAH adalah Gedung Laboratorium dan *Student Center* (SC), yang terletak bersebelahan seperti yang terlihat pada Gambar 1.

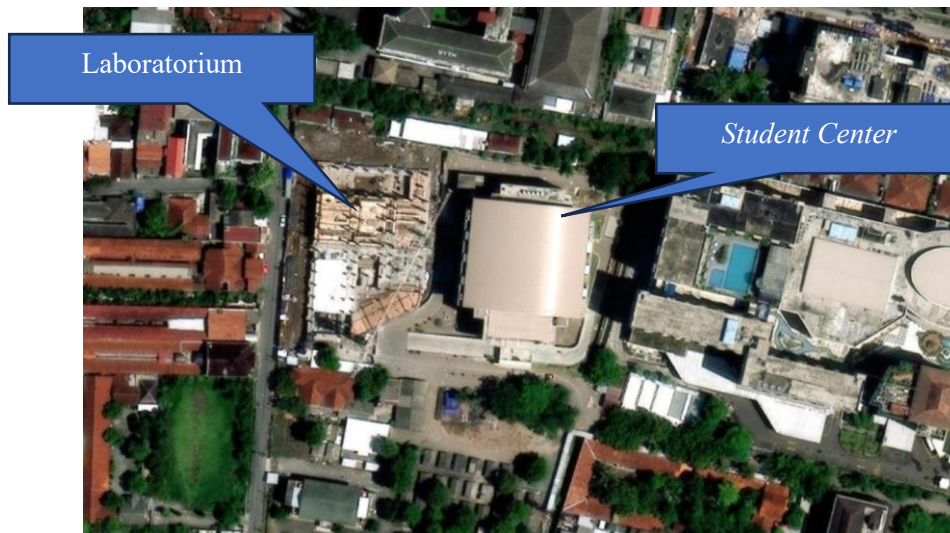
Kampus UAJY terletak di wilayah tropis dengan curah hujan tahunan yang relatif tinggi, sehingga menjadikan bangunan-bangunan tersebut sebagai studi kasus yang ideal untuk mengevaluasi potensi hidrologis

pemanenan air hujan. Kombinasi antara kondisi iklim yang menguntungkan dan area tangkapan atap yang luas semakin menekankan relevansi dari penilaian kelayakan pemanenan air hujan di lingkungan ini.

Data hujan

Studi ini menggunakan data curah hujan berbasis satelit sebagai input utama untuk mengestimasi potensi hidrologis sistem PAH. Studi ini memasukkan set data curah hujan berbasis satelit, dengan fokus khusus pada GPM-IMERG (*The Global Precipitation Measurement-Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM*), sebagai sumber utama

untuk mengestimasi potensi hidrologis sistem PAH pada dua bangunan yang baru dibangun. Set data curah hujan satelit sangat penting karena menyediakan cakupan spasial yang berkelanjutan, konsistensi temporal jangka panjang, dan estimasi curah hujan beresolusi tinggi, yang membuatnya sangat berharga di wilayah di mana pengukuran berbasis darat mungkin terbatas atau tidak lengkap (Fenta dkk., 2023; Hordofa dkk., 2021; Rahmawati dkk., 2021). Analisis potensi hidrologis dalam studi ini menggunakan data curah hujan panjang dalam bentuk curah hujan harian dan bulanan dengan rentang data tahun 2010 – 2024.



Gambar 1. Lokasi Gedung Laboratorium dan Student Center di kampus UAJY.

Estimasi curah hujan–limpasan

Metode curah hujan–limpasan merupakan pendekatan yang diterima secara luas dalam desain sistem pemanenan air hujan, yang mengasumsikan bahwa limpasan yang dapat dipanen merupakan fungsi langsung dari kedalaman curah hujan, area tangkapan efektif, dan koefisien limpasan yang mencerminkan karakteristik permukaan atap (Dirgawati dkk., 2024). Dalam konteks dua bangunan yang baru dibangun di UAJY, analisis ini berperan penting dalam mengestimasi potensi hasil air dan mengevaluasi kelayakan integrasi sistem pemanenan air hujan ke dalam infrastruktur kampus. Proses curah hujan–limpasan

menggambarkan bagaimana presipitasi yang jatuh di atas atap dikonversi menjadi limpasan yang dapat dikumpulkan melalui talang dan pipa bawah. Volume limpasan yang dihasilkan bergantung pada beberapa faktor, termasuk kedalaman curah hujan, luas atap, material atap, kemiringan, dan efisiensi sistem pengumpulan. Tangkapan atap umumnya dianggap efisien dibandingkan dengan tangkapan terbuka karena menghasilkan kehilangan infiltrasi dan evaporasi yang minimal. Untuk menguantifikasi limpasan atap bagi keperluan PAH, studi ini menggunakan rumus berikut (Dirgawati dkk., 2024; Worm & Hattum, 2006):

$$V = R \times A \times C \quad (1)$$

dimana:

V = volume limpasan yang tersedia untuk dipanen (m³)

R = kedalaman curah hujan untuk periode waktu yang dipilih (mm),

A = luas tangkapan atap efektif (m²),

C = koefisien limpasan yang mencerminkan material atap dan kehilangan air.

Koefisien limpasan yang umum berkisar antara 0,75–0,95 untuk atap halus atau logam, sedangkan permukaan yang lebih kasar mungkin menunjukkan koefisien yang lebih rendah. Dalam studi ini, koefisien limpasan yang digunakan adalah 0,8, sesuai dengan material dan kemiringan atap.

Potensi pemanen air hujan

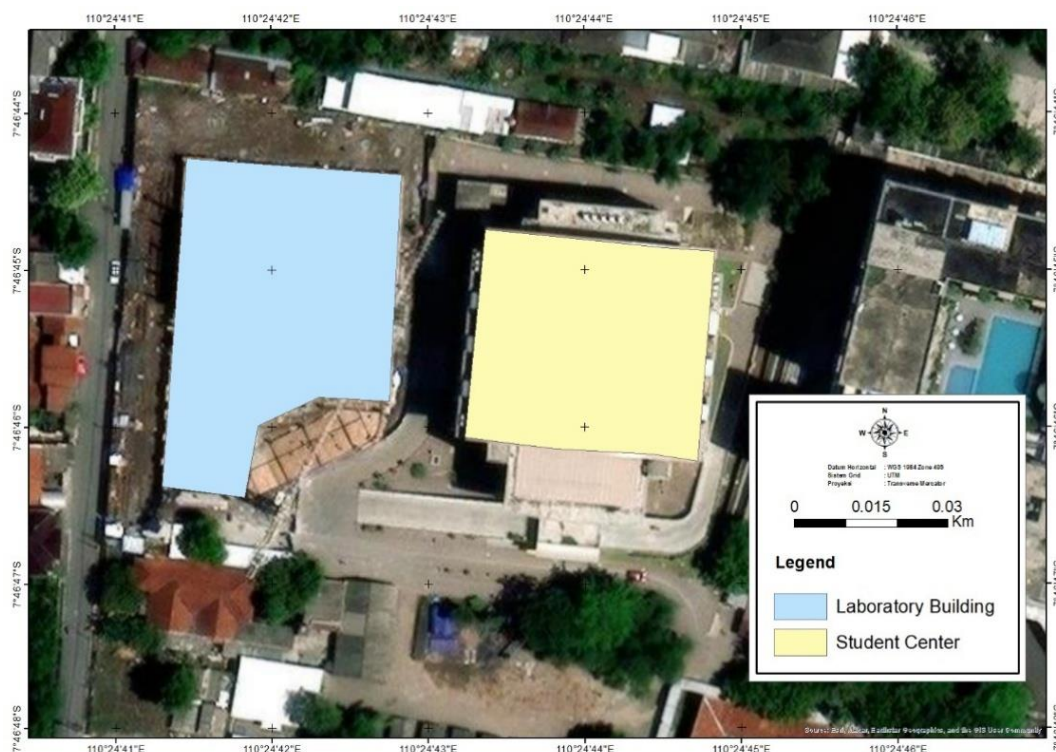
Potensi pemanenan air hujan mengacu pada volume maksimum air hujan yang dapat dikumpulkan dari area tangkapan tertentu, biasanya atap bangunan selama periode tertentu, berdasarkan karakteristik curah hujan lokal dan sifat fisik sistem pemanenan

tersebut. Hal ini merepresentasikan hasil teoritis dan praktis dari sistem PAH dapat menjadi dasar untuk mengevaluasi kelayakannya, menentukan ukuran tangki penyimpanan, serta mengestimasi pengurangan konsumsi air minum.

Hasil dan Pembahasan

Analisis luas atap

Analisis luas atap merupakan langkah krusial dalam menentukan potensi pemanenan air hujan dari sebuah bangunan, karena atap berfungsi sebagai permukaan tangkapan utama yang mengubah curah hujan menjadi limpasan yang dapat digunakan dalam sistem PAH. Evaluasi luas atap efektif pada dua bangunan yang baru dibangun di UAJY memberikan dasar untuk menghitung hasil air, menilai kelayakan sistem, serta menentukan ukuran komponen sistem PAH. Luas atap ditentukan menggunakan data citra satelit terbaru melalui perangkat lunak berbasis sistem informasi geografis, seperti yang terlihat pada Gambar 2 dan Tabel 1.



Gambar 2. Lokasi Gedung Laboratorium dan Student Center di kampus UAJY.

Tabel 1. Luas Atap

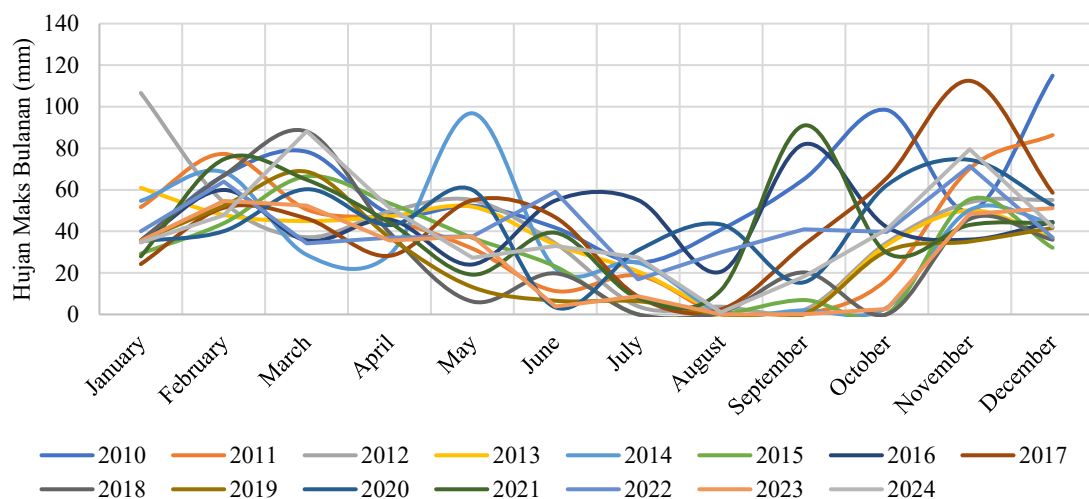
No.	Nama Bangunan	Luas (m ²)
1	Gedung Laboratorium	2292,97
2	Student Center	1864,64

Analisis curah hujan maksimum bulanan

Analisis curah hujan bulanan maksimum merupakan komponen penting dalam mengevaluasi keandalan hidrologis maksimum dan kinerja sistem PAH. Analisis ini mengidentifikasi bulan dengan curah hujan tertinggi dalam periode penelitian dan menggunakan nilai presipitasi puncak tersebut untuk menilai kapasitas sistem dalam menangkap dan menyimpan volume limpasan atap sebanyak mungkin.

Memahami curah hujan bulanan maksimum sangat penting untuk merancang sistem

penyimpanan yang efisien serta mengantisipasi batas atas ketersediaan air hujan (Kariyana dkk., 2022). Berdasarkan analisis curah hujan bulanan maksimum yang disajikan dalam Gambar 3, kedalaman curah hujan tertinggi terjadi selama periode September–Maret, yang bertepatan dengan musim hujan regional. Sebaliknya, bulan April–Agustus mewakili musim kemarau yang ditandai dengan curah hujan yang jauh lebih rendah. Hal ini sangat umum terjadi di daerah Sleman, DIY yang beriklim monsun.



Gambar 3. Curah Hujan Maksimum Bulanan

Potensi volume limpasan mewakili jumlah curah hujan yang dapat diubah menjadi limpasan yang dapat digunakan dari permukaan tangkapan atap dan selanjutnya ditangkap melalui sistem RWH. Ini adalah salah satu parameter inti dalam penilaian RWH, karena menentukan hasil air aktual yang dapat disediakan oleh sebuah bangunan selama periode tertentu. Dalam konteks dua bangunan yang baru dibangun di UAJY, mengevaluasi potensi volume limpasan sangat penting untuk memahami berapa banyak air yang secara realistis dapat

dipanen guna mendukung kebutuhan air non-minum. Hasil analisis volume limpasan disajikan dalam Tabel 2.

Dalam kondisi curah hujan yang identik, Gedung Laboratorium menunjukkan potensi pemanenan air hujan maksimum yang lebih tinggi daripada Student Center. Perbedaan ini terutama disebabkan oleh luas tangkapan atap efektif Gedung Laboratorium yang lebih besar, yang memungkinkan volume limpasan yang lebih besar dihasilkan dan kemudian dipanen. Total volume maksimum

air hujan untuk Gedung Laboratorium adalah 852.836,71 liter/tahun, dan untuk *Student Center* adalah 693.526,25 liter/tahun.

Tabel 2. Potensi Volume Limpasan untuk RWH

No.	Bulan	Hujan maksimum bulanan (mm)	Roof Area (m ²)	C	Volume (m ³)	Volume (liter)
Laboratory building						
1	Januari	42.83	2292.97	0.80	78.56	78563.14
2	Februari	58.01		0.80	106.40	106404.65
3	Maret	56.31		0.80	103.29	103291.71
4	April	42.32		0.80	77.63	77626.39
5	Mei	40.31		0.80	73.95	73949.69
6	Juni	28.86		0.80	52.94	52936.95
7	Juli	17.01		0.80	31.21	31206.96
8	Augustus	10.52		0.80	19.31	19306.16
9	September	25.22		0.80	46.26	46261.05
10	Oktober	33.34		0.80	61.17	61167.17
11	November	58.39		0.80	107.11	107113.33
12	Desember	51.79		0.80	95.01	95009.51
Total						852,836.71
Student Center						
1	Januari	42.83	1864.64	0.80	63.89	63887.49
2	Februari	58.01		0.80	86.53	86528.19
3	Maret	56.31		0.80	84.00	83996.75
4	April	42.32		0.80	63.13	63125.73
5	Mei	40.31		0.80	60.14	60135.84
6	Juni	28.86		0.80	43.05	43048.29
7	Juli	17.01		0.80	25.38	25377.48
8	Augustus	10.52		0.80	15.70	15699.76
9	September	25.22		0.80	37.62	37619.46
10	Oktober	33.34		0.80	49.74	49741.10
11	November	58.39		0.80	87.10	87104.49
12	December	51.79		0.80	77.26	77261.67
Total						693,526.25

Hasil analisis limpasan akibat hujan menunjukkan bahwa Gedung Laboratorium dan *Student Center* di UAJY memiliki potensi tangkapan air hujan yang signifikan, masing-masing sebesar 852.836,71 liter/tahun dan 693.526,25 liter/tahun. Secara kuantitatif, volume ini mampu memenuhi kebutuhan non-potabel—seperti pembilasan toilet (*toilet flushing*) dan irigasi lanskap—yang selama ini bergantung pada pasokan air tanah. Sejalan dengan temuan (Teston dkk., 2022), sistem PAH terdesentralisasi terbukti memberikan kinerja lingkungan yang lebih baik dibandingkan sistem pasokan terpusat karena mampu mengurangi tekanan pada sumber daya air kota.

Perbedaan hasil antara kedua gedung ini menegaskan bahwa luas area tangkapan atap (*rooftop catchment*) adalah variabel penentu utama. Mengacu pada (Campisano dkk., 2017), efisiensi sistem RWH di perkotaan

sangat dipengaruhi oleh desain fisik permukaan atap. Dengan menggunakan koefisien limpasan 0,8, studi ini mengasumsikan karakteristik atap bangunan modern yang kedap air, yang meminimalisir kehilangan air akibat infiltrasi. Hal ini memperkuat argumen bahwa integrasi RWH pada bangunan baru (*early-stage design*) jauh lebih efektif daripada metode *retrofitting* pada bangunan lama.

Analisis curah hujan menunjukkan pola musiman yang kontras antara periode September–Maret (musim hujan) dan April–Agustus (musim kemarau). Tantangan hidrologis utama adalah sinkronisasi antara curah hujan yang melimpah dan kebutuhan air yang konstan. Oleh karena itu, perancangan infrastruktur PAH di masa depan harus mengintegrasikan analisis risiko hidrologis yang lebih komprehensif. Penggunaan kurva Intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF) menjadi sangat relevan

dalam konteks ini untuk memastikan keandalan sistem selama peristiwa hujan ekstrem yang frekuensinya meningkat akibat perubahan iklim (Yousef & Ouarda, 2015).

Hasil studi ini mengonfirmasi bahwa penangkapan air hujan di titik jatuh (*source-control*) dapat berkontribusi langsung pada pengurangan beban limpasan permukaan (*stormwater runoff*). Potensi RWH dalam manajemen air perkotaan tidak hanya terbatas pada ketersediaan air, tetapi juga pada mitigasi risiko banjir di kawasan padat bangunan (Wartalska dkk., 2024). Dengan demikian, transformasi UAJY menuju *Blue Campus* bukan sekadar inisiatif lingkungan, melainkan strategi adaptasi infrastruktur yang cerdas untuk menjaga keamanan air institusional di tengah ancaman kelangkaan air perkotaan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil mengevaluasi potensi hidrologis sistem PAH pada Gedung Laboratorium dan *Student Center* di Universitas Atma Jaya Yogyakarta (UAJY) menggunakan data curah hujan satelit jangka panjang (GPM IMERG, 2010–2024). Hasil analisis menunjukkan bahwa perbedaan luas tangkapan atap efektif—Gedung Laboratorium (2.292,97 m²) dibandingkan dengan *Student Center* (1.864,64 m²)—menjadi variabel penentu utama dalam potensi limpasan. Meskipun terpapar intensitas curah hujan yang identik dan menggunakan koefisien limpasan yang sama, Gedung Laboratorium memiliki potensi volume panen tahunan yang lebih besar, yakni sebesar 852.836,71 liter, dibandingkan *Student Center* yang mencapai 693.526,25 liter per tahun. Temuan ini mengonfirmasi bahwa kedua bangunan tersebut memiliki potensi teknis yang substansial untuk mengimplementasikan sistem PAH guna memenuhi kebutuhan air non-minum, seperti pembilasan toilet, irigasi lanskap, dan pembersihan fasilitas.

Analisis curah hujan musiman menegaskan bahwa potensi panen tertinggi terkonsentrasi pada musim hujan (September–Maret),

sedangkan ketersediaan air menurun secara signifikan selama musim kemarau (April–Agustus). Variabilitas musiman ini menggarisbawahi urgensi penentuan kapasitas penyimpanan (*storage sizing*) yang optimal, konfigurasi sistem yang tepat, serta manajemen permintaan air agar sistem dapat berfungsi secara andal sepanjang tahun.

Secara keseluruhan, studi ini membuktikan bahwa implementasi PAH di UAJY layak secara teknis dan menawarkan peluang nyata untuk meningkatkan manajemen air berkelanjutan di lingkungan kampus. Potensi hidrologis yang diidentifikasi pada kedua gedung ini menjadi landasan strategis bagi universitas dalam mewujudkan visi jangka panjang menuju infrastruktur kampus yang lebih tangguh dan bertanggung jawab terhadap lingkungan.

Daftar Pustaka

- Campisano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M. J., Friedler, E., DeBusk, K., Fisher-Jeffes, L. N., Ghisi, E., Rahman, A., Furumai, H., & Han, M. (2017a). Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. In *Water Research* (Vol. 115, pp. 195–209). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.02.056>
- Campisano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M. J., Friedler, E., DeBusk, K., Fisher-Jeffes, L. N., Ghisi, E., Rahman, A., Furumai, H., & Han, M. (2017b). Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. *Water Research*, 115, 195–209. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.02.056>
- Fenta, A. A., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Yasuda, H., Tsubo, M., Borrelli, P., Kawai, T., Sewale Belay, A., Ebabu, K., Liyew Berihun, M., Sultan, D., Asamin Setargie, T., Elnashar, A., & Panagos, P. (2023). Improving satellite-based global rainfall erosivity estimates through merging with gauge data. *Journal of Hydrology*, 620. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129555>
- Fioramonte, B., Campos, M. A. S., De Freitas, S. R., & Basso, R. E. (2022). Rainfall data used for rainwater harvesting systems: A bibliometric and systematic literature review. In *Aqua Water Infrastructure, Ecosystems and Society* (Vol. 71, Number 7, pp. 816–834). IWA Publishing. <https://doi.org/10.2166/aqua.2022.034>

- Hordofa, A. T., Leta, O. T., Alamirew, T., Kawo, N. S., & Chukalla, A. D. (2021). Performance evaluation and comparison of satellite-derived rainfall datasets over the Ziway lake basin, Ethiopia. *Climate*, 9(7). <https://doi.org/10.3390/cli9070113>
- Kariyana, I. M., Pamungkas, T. H., & Erlangga, I. B. W. (2022). *Rainwater Harvesting-Based Water Resources Conservation*. 19(3), 532–541.
- Dirgawati, M., Sururi, M. R., & Yanti, S. R. (2024). *Planning of Rainwater Harvesting Systems as an Alternative Technology for Providing Clean Water in High-Density Residential Areas*. 25(2), 246–256.
- Rahmawati, N., Rahayu, K., & Yuliasari, S. T. (2021). Performance of daily satellite-based rainfall in groundwater basin of Merapi Aquifer System, Yogyakarta. *Theoretical and Applied Climatology*, 146(1–2), 173–190. <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03731-9>
- Teston, A., Piccinini Scolaro, T., Kuntz Maykot, J., & Ghisi, E. (2022a). Comprehensive Environmental Assessment of Rainwater Harvesting Systems: A Literature Review. In *Water (Switzerland)* (Vol. 14, Number 17). MDPI. <https://doi.org/10.3390/w14172716>
- Teston, A., Piccinini Scolaro, T., Kuntz Maykot, J., & Ghisi, E. (2022b). Comprehensive Environmental Assessment of Rainwater Harvesting Systems: A Literature Review. *Water*, 14(17), 2716. <https://doi.org/10.3390/w14172716>
- Wartalska, K., Grzegorzec, M., Bełcik, M., Wdowikowski, M., Kolanek, A., Niemierka, E., Jadwiszczak, P., & Kaźmierczak, B. (2024a). The Potential of RainWater Harvesting Systems in Europe – Current State of Art and Future Perspectives. *Water Resources Management*, 38(12), 4657–4683. <https://doi.org/10.1007/s11269-024-03882-0>
- Wartalska, K., Grzegorzec, M., Bełcik, M., Wdowikowski, M., Kolanek, A., Niemierka, E., Jadwiszczak, P., & Kaźmierczak, B. (2024b). The Potential of RainWater Harvesting Systems in Europe – Current State of Art and Future Perspectives. *Water Resources Management*, 38(12), 4657–4683. <https://doi.org/10.1007/s11269-024-03882-0>
- World Bank. (2021). *Indonesia Vision 2045 Toward Water Security* (Vol. 1). International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank.
- Worm, Janette., & Hattum, T. van. (2006). *Rain water harvesting for domestic use*. Agromisa.
- Yousef, L. A., & Ouarda, T. B. M. J. (2015). Adaptation of Water Resources Management to Changing Climate: The Role of Intensity-Duration-Frequency Curves. *International*

Journal of Environmental Science and Development, 6(6), 478–483.