

Efisiensi Pemanenan Air Hujan (PAH) untuk Mengurangi Limpasan Permukaan di Kawasan Perumahan

Ribut Nawang Sari

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Global Jakarta

Sumudi Kartono

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Global Jakarta

Sucipto

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Global Jakarta

Alamat: Grand Depok City Jl. Boulevard Raya No. 2, Kota Depok, 16412, Indonesia

Korespondensi penulis: nawang_sari@jgu.ac.id

Abstract. *The rapid rate of population growth and development in an area can result in changes in land use functions, such as changes in rice fields, gardens, vacant land and even swamps into residential and industrial areas. The impact of land use change is decreased catchment areas, damage to roads, flooding, and increased surface runoff. Green Nirwana Residence Housing in Kuningan Regency, West Java, Indonesia which has a land area of 30,767 m². In Kuningan Regency, the average rain is 18,561 mm/month. This housing stands as many as 211 houses and 1 mosque, which was once a rice field which, later turned into housing. Surface runoff that occurs by 54,450 m³/second, occurs because of the addition of roofs that do not use gutters, soil conditions that are no longer able to absorb rainwater resulting in road damage and puddles on the road. With this large enough surface runoff, an easy method to reduce surface runoff is by means of rainwater harvesting, which is rainwater that falls on the roof area of the building which is then accommodated with water reservoirs. Rainwater that can be harvested with a total building roof area of 11083 m² with rainwater that can be harvested of 37,131 m³/second. From the calculation of surface runoff that occurs of 54,450 m³/second with efficiency obtained from rainwater harvesting of 37,131 m³/second or 68,193% and the volume of water that still flows to the ground surface of 17,319 m³/second or 31,807%. Rainwater harvesting that can be harvested can be used as clean water for households with a water usage volume of 80 liters/day and ablution water for mosques with a water usage volume of 300 liters/day are all fulfilled with a rain duration of 1500 seconds/day or 25 minutes.*

Keywords: *Gumbel method; Mononobe method; Run off; Rainwater harvesting.*

Abstrak. Laju pertumbuhan penduduk dan pembangunan yang pesat di suatu daerah dapat mengakibatkan perubahan fungsi penggunaan lahan, seperti perubahan lahan persawahan, kebun, lahan kosong bahkan rawa talah menjadi area permukiman dan perindustrian. Dampak dari perubahan penggunaan lahan tersebut adalah menurunnya daerah resapan, kerusakan pada jalan, banjir dan meningkatkan limpasan permukaan (Run Off). Perumahan Green Nirwana Residence Desa Timbang Kecamatan Ciganda Mekar Kabupaten Kuningan Provinsi Jawa Barat yang mempunyai luas lahan 30.767 m².

Di Kabupaten Kuningan hujan rata-rata sebesar 18,561 mm/per bulan. Perumahan ini berdiri sebanyak 211 buah rumah dan 1 buah Masjid yang dulunya adalah persawahan yang kemudian beralih fungsi menjadi perumahan. Limpasan permukaan yang terjadi sebesar 54,450 m³/detik, terjadi akibat dari penambahan atap rumah yang tidak menggunakan talang air, kondisi tanah yang tidak mampu lagi menyerap air hujan mengakibatkan kerusakan jalan dan genangan air pada jalan. Dengan limpasan permukaan yang cukup besar ini maka metode yang mudah untuk mengurangi limpasan permukaan tersebut dengan cara Pemanenan Air Hujan (PAH), yaitu air hujan yang jatuh pada luasan atap bangunan yang kemudian ditampung dengan tandon air. Air hujan yang dapat dipanen dengan luasan atap bangunan keseluruhan sebesar 11083 m² dengan air hujan yang dapat dipanen sebesar 37,131 m³/detik. Dari hasil perhitungan limpasan permukaan yang terjadi sebesar 54,450 m³/detik dengan efisiensi yang di dapat dari Pemanenan Air Hujan (PAH) sebesar 37,131 m³/detik atau sebesar 68,193% dan volume air yang masih mengalir ke permukaan tanah sebesar 17,319 m³/detik atau sebesar 31,807%. Pemanenan Air Hujan (PAH) yang dapat dipanen dapat dimanfaatkan sebagai air bersih untuk rumah tangga dengan volume pemakaian air 80 liter/hari dan air wudu untuk masjid dengan volume pemakaian air sebesar 300 liter/hari semuanya terpenuhi dengan durasi hujan 1500 detik/hari atau 25 menit.

Kata kunci: Metode Gumbel; Metode Mononobe; Run off; Rainwater harvesting .

LATAR BELAKANG

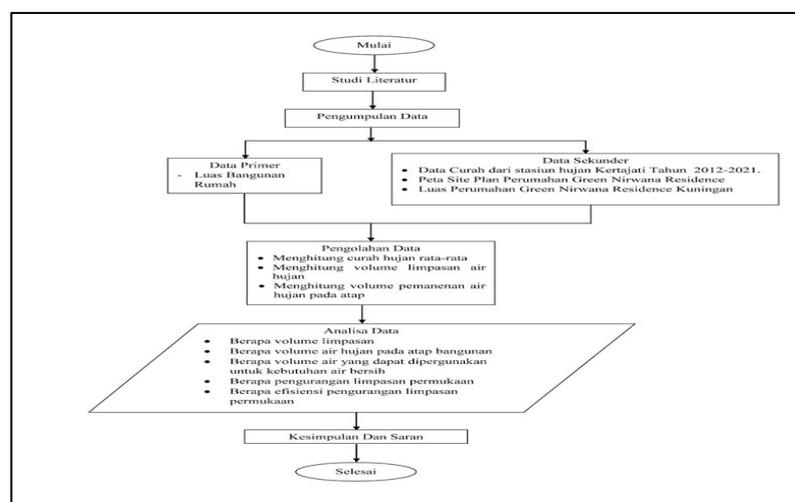
Laju pertumbuhan penduduk dan pembangunan yang pesat di suatu daerah dapat mengakibatkan perubahan fungsi penggunaan lahan, seperti perubahan lahan persawahan, kebun, lahan kosong bahkan rawa telah menjadi area permukiman dan perindustrian (Prabowo et al., 2020). Dampak dari perubahan penggunaan lahan tersebut adalah menurunnya daerah resapan, kerusakan pada jalan, banjir dan meningkatkan limpasan permukaan (run off) (Pontoh & Sudrajat, 2005). Limpasan permukaan (run off) merupakan sebagian dari air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju sungai, danau dan laut. Limpasan permukaan (run off) terjadi apabila tanah tidak mampu lagi menginfiltrasi air permukaan tanah karena tanah sudah dalam keadaan jenuh. Limpasan permukaan (run off) juga dapat terjadi apabila air hujan jatuh permukaan yang bersifat impermeable seperti beton, aspal, keramik (Yulianto, 2022). Run off dapat terjadi di lingkungan daerah aliran sungai (DAS) (Yulianto, 2022), blok kota (Palla et al., 2017), suburban (Petrucci et al., 2012), perumahan (Custódio & Ghisi, 2023; Lestari, 2016; Pandulu & Widodo, 2015; Steffen et al., 2013), hingga perkotaan (Araujo et al., 2021; Ardana & Waluyo, 2016). Salah satu kejadian run off yang dijumpai terjadi di lingkungan perumahan yaitu berada di Perumahan Green Nirwana Residence.

Salah satu upaya yang bisa dilakukan untuk mengurangi limpasan permukaan (run off) di Perumahan Green Nirwana Residence adalah dengan pemanenan air hujan (PAH). PAH dilakukan dengan cara mengumpulkan dan menampung dengan memanfaatkan atap bangunan (rooftop rainwater harvesting) tangkapan air (catchment area), air yang jatuh dari atap disalurkan melalui talang untuk selanjutnya dikumpulkan dan ditampung tangki atau tandon air, bak, sumur-sumur resapan sebagai penampung air hujan dan dari hasil tampungan dapat juga dimanfaatkan sebagai tambahan air bersih untuk skala rumah tangga (Embongbulan et al., 2021; Silvia & Safriani, 2018).

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan pemanenan air hujan (PAH) untuk mengatasi limpasan permukaan (run off) yang terjadi di Perumahan Green Nirwana Residence, Kabupaten Kuningan, Jawa Barat. Salah satu penyebab adanya limpasan permukaan di kawasan perumahan tersebut disebabkan oleh terjadinya kerusakan infrastruktur jalan dan genangan-genangan air hujan akibat dari penambahan atap rumah yang tidak menggunakan talang air. Akibat dari kerusakan infrastruktur jalan inilah yang menyebabkan berapa limpasan permukaan (run off) terjadi di Perumahan Green Nirwana Residence. Dalam penelitian ini akan dianalisis beberapa hal, antara lain debit limpasan permukaan, volume air hujan pada atap bangunan yang dapat dipanen, dan tingkat pengurangan limpasan permukaan setelah diterapkan teknik pemanenan air hujan (PAH).

METODE PENELITIAN

Sebelum melakukan penelitian untuk lebih jelas dapat dilihat pada diagram alir di Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan untuk mendapatkan hasil dan tujuan setelah semua data – data dikelompokkan sesuai dengan apa yang dapat dirumuskan untuk menyelesaikan tujuan yang ada. Tahapan-tahapan yang dilakukan adalah :

1. Studi Literatur

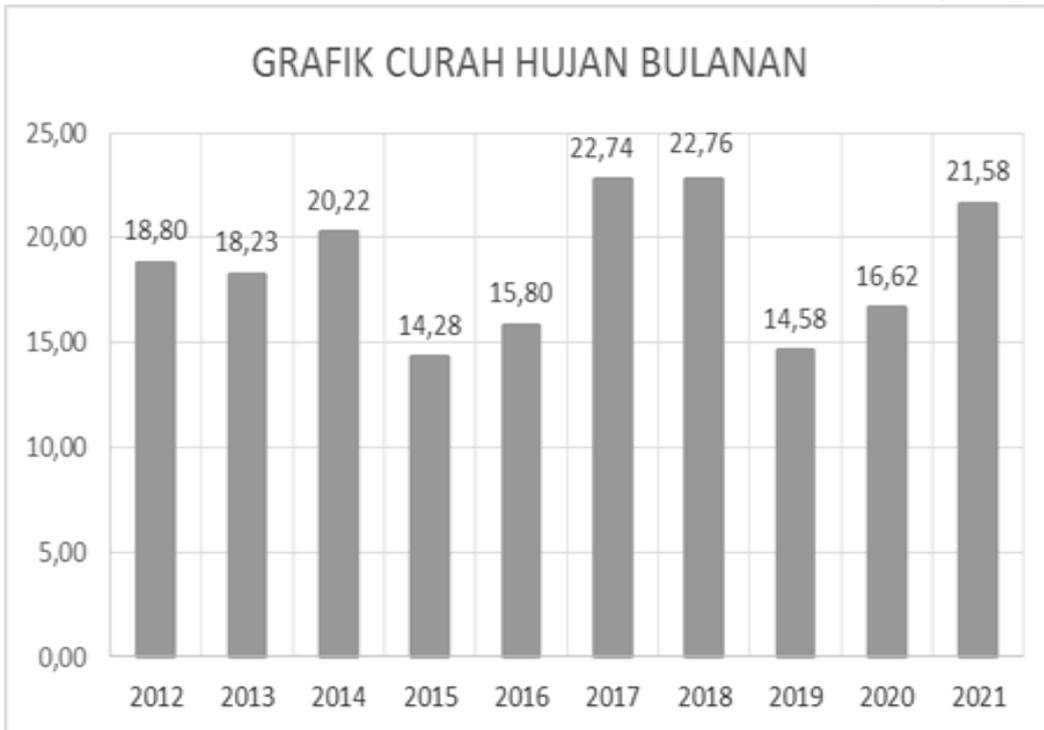
Studi literatur mengacu pada tahapan penelitian Al Hakim dan Hidayah (2022) yang dimodifikasi sesuai dengan tujuan penelitian ini. Penelusuran studi literatur menggunakan perangkat lunak *Publish or Perish 8*. Kriteria inklusi yang digunakan antara lain literatur yang berasal dari artikel ilmiah, prosiding, buku, *book chapter*, komentar, *letter to the editor*, *technical notes*, koreksi, tesis, dan laporan ilmiah. Kriteria eksklusif yang digunakan antara lain literatur dengan bahasa non Inggris dan non Indonesia. Kata kunci penelusuran yang digunakan memanfaatkan fungsi logika Boolean, yaitu “*reducing stormwater AND runoff AND using water harvesting*” dalam penelusuran literatur berbahasa Inggris, sedangkan “*pemanenan air hujan OR water harvesting AND limpasan permukaan OR stormwater management*” untuk penelusuran literatur berbahasa Indonesia.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data mengacu pada tahapan penelitian Al Hakim et al. (2021) yang dimodifikasi sesuai dengan tujuan penelitian ini. Data yang dikumpulkan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer yang dimaksud berupa data luas atap bangunan rumah yang berada di kawasan Perumahan Green Nirwana Residence, Desa Timbang, Kecamatan Ciganda Mekar, Kabupaten Kuningan, Provinsi Jawa Barat, Indonesia. Data sekunder yang dimaksud berupa data curah hujan bulanan dari Stasiun Hujan BMKG Kertajati Majalengka per Tahun 2012 s.d. 2021 yang akan dihitung dengan perhitungan

distribusi Gumbel, peta *site plan*, jumlah rumah yang terbangun, dan luas area perumahan. Khusus data curah hujan yang dipergunakan, merupakan data yang dapat digunakan untuk menghitung berapa limpasan yang terjadi berdasarkan metode rasional $Q = 0,00278.C.I.A$, di mana Q adalah debit air hujan yang melimpas (mengalir), C adalah koefisien pengaliran dari atap bangunan, I adalah intensitas hujan dalam satuan waktu (mm/jam), dan A adalah luasan tangkapan atap bangunan. Peta *site plan* perumahan yang terbangun, kawasan hijau, dan kelebihan tanah dipergunakan untuk menentukan nilai A dengan nilai C yang didapat 0,50 untuk menghitung limpasan permukaan yang terjadi. Jumlah rumah yang terbangun dengan nilai C yang didapat 0,95, untuk digunakan untuk menghitung berapa luasan atap perumahan, berapa volume air hujan pada atap dan volume tampungan yang dipergunakan dan air hujan yang dapat dipanen dapat dipergunakan untuk kebutuhan air bersih. Dari analisis perhitungan limpasan permukaan dan analisis perhitungan luas atap rumah dipergunakan untuk pengurangan volume limpasan yang terjadi. Sementara itu, dari pengolahan data yang didapat kemudian dianalisis terkait efisiensi pemanenan air hujan (PAH) untuk mengurangi limpasan permukaan di Perumahan Green Nirwana Residence.

Berdasarkan data yang dikumpulkan, hasil analisa perhitungan curah hujan bulanan dari tahun 2012 – 2021 didapatkan curah hujan bulanan tertinggi ditahun 2018 yaitu dengan tinggi curah hujan 22,76 mm/bulan dan jumlah rata-rata curah hujan per bulan sebesar 18,561 mm/bulan (Gambar 2).



Gambar 2. Data curah hujan bulanan (mm/bulan) Kabupaten Kuningan per 2012-2021 (Sumber: Stasiun BMKG Kertajati Majalengka, 2022).

3. Pengolahan Data

Pengolahan data secara kuantitatif dengan menghitung curah hujan rata-rata, volume limpasan air hujan, dan volume pemanenan air hujan (PAH) pada atap. Kemudian, parameter-parameter yang akan dianalisis berdasarkan data yang didapatkan antara lain volume air limpasan, volume air hujan pada atap bangunan, volume air yang dipergunakan untuk kebutuhan air bersih, nilai pengurangan limpasan permukaan, dan nilai efisiensi pengurangan limpasan permukaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran umum Perumahan Green Nirwana Residence yang terletak di RT 20/RW 21 dengan Tipe 30/66 mempunyai luas lahan 30.767 m² dengan efektif terbangun 14.591 m² (47.42%), jalan 7.244 m² (23.54%), saluran 1.109 m² (3.60%), masjid 100 m² (0.33%), ruang terbuka hijau 4.709 m² (15.31%), dan kelebihan tanah serta lahan yang belum terbangun 3.014 m² (9.80%).

Analisis hidrologi sebagai analisis penentuan besarnya debit rencana curah hujan. Dalam analisis hidrologi diperlukan data frekuensi curah hujan, untuk menghitung frekuensi curah hujan menggunakan distribusi Gumbel, secara lebih rinci dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Frekuensi curah hujan (CH) bulanan dengan perhitungan distribusi Gumbel.

No.	Tahun	CH _{Bulan} (mm/Bulan)	(CH _{Bulan} -R _{rata-rata})	(CH _{Bulan} -R _{rata-rata}) ²
1	2012	18,80	0,2420	0,0586
2	2013	18,23	-0,3280	0,1076
3	2014	20,22	1,6620	2,7622
4	2015	14,28	-4,2847	18,3584
5	2016	15,80	-2,7580	7,6066
6	2017	22,74	4,1787	17,4613
7	2018	22,76	4,1953	17,6008
8	2019	14,58	-3,9780	15,8245
9	2020	16,62	-1,9447	3,7817
10	2021	21,58	3,0153	9,0922
Jumlah		185,61	0,0000	92,654
Rata-Rata (R)		18,561		

Analisa perhitungan curah hujan bulanan dari tahun 2012 – 2021 didapatkan curah hujan bulanan tertinggi di tahun 2018 yaitu dengan tinggi curah hujan 22,76 mm/bulan dan jumlah rata-rata curah hujan per bulan sebesar 18,561 mm/bulan. Selanjutnya, dihitung periode ulang hujan (PUH) distribusi Gumbel, yang dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai *Reduced Mean* (Y_n) (Persamaan 1) sebagai fungsi periode ulang, *Reduced Standart Deviation* (S_n), dan *Reduced Variate* (Y_{tr}) sebagai fungsi periode ulang dengan $n = 10$ maka nilai $Y_n = 0,4952$ dan $S_n = 0,9496$.

$$Y_{tr} = R + (S_n \times Y_n) \quad \text{(Persamaan 1)}$$

Tabel 2. Periode ulang hujan (PUH) distribusi Gumbel.

PUH (Tahun)	Y_{tr}	$K_t = \frac{(Y_{tr} - Y_n)}{S_n}$	$R_t = R + (K_t \times S_d)$
2	0,3668	-0,1352	18,127
5	1,5004	1,0586	21,958
10	2,2510	1,8490	24,494
20	2,9709	2,6071	26,926
25	3,1993	2,8476	27,698
50	3,9028	3,5885	30,075
75	4,3117	4,0191	31,457
100	4,6012	4,3239	32,435

Kemudian, dengan menggunakan rancangan PUH selama 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 75 tahun, dan 100 tahun, dihitung rancangan analisis intensitas hujan menggunakan metode Mononobe, yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis intensitas hujan (mm/jam).

Durasi (Jam)	Periode Ulang (Tahun)							
	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	20 Tahun	25 Tahun	50 Tahun	75 Tahun	100 Tahun
	18,127	24,494	26,926	27,698	30,075	30,075	31,457	32,435
0,08	33,849	45,736	50,278	51,719	56,158	56,158	58,738	60,564
0,16	21,323	28,812	31,673	32,581	35,377	35,377	37,002	38,153
0,25	15,836	21,397	23,522	24,197	26,273	26,273	27,480	28,335

0,30	14,023	18,948	20,830	21,427	23,266	23,266	24,335	25,092
1	6,284	8,492	9,335	9,602	10,426	10,426	10,905	11,245
2	3,959	5,349	5,881	6,049	6,568	6,568	6,870	7,084
3	3,021	4,082	4,488	4,616	5,013	5,013	5,243	5,406
4	2,494	3,370	3,705	3,811	4,138	4,138	4,328	4,462
5	2,149	2,904	3,192	3,284	3,566	3,566	3,730	3,846
12	1,199	1,620	1,781	1,832	1,989	1,989	2,081	2,145
24	0,755	1,021	1,122	1,154	1,253	1,253	1,311	1,351

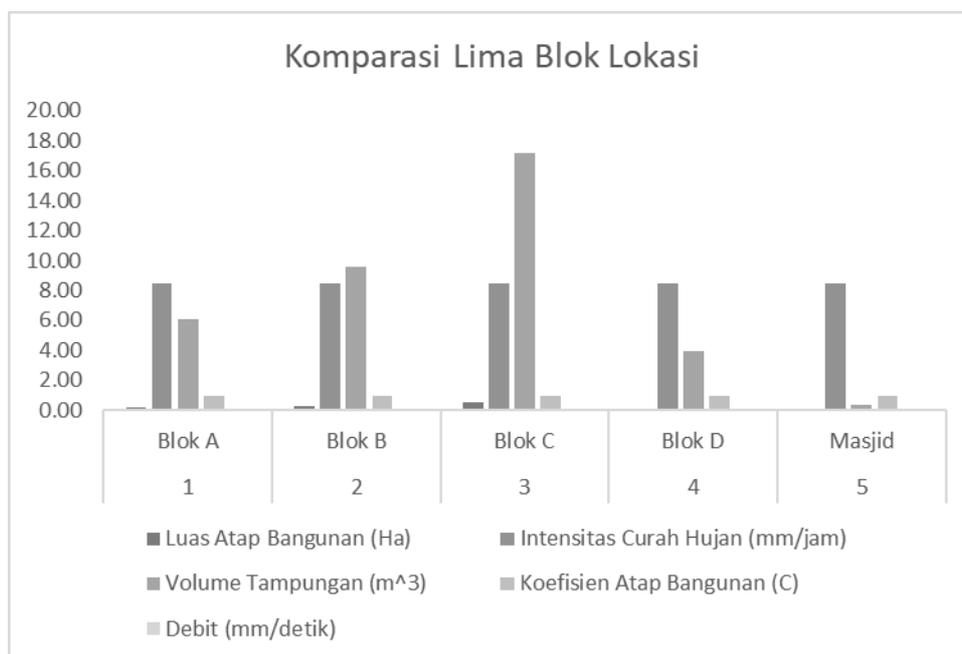
Berdasarkan Tabel 3, nilai intensitas hujan untuk berbagai durasi hujan menggunakan metode Mononobe. Semakin lama durasi hujan maka nilai intensitas hujan akan semakin kecil, ini mengindikasikan bahwa semakin pendek jangka waktu curah hujan maka semakin besar intensitasnya, karena hujan tidak selalu kontinu. Pada perhitungan intensitas hujan menggunakan periode ulang hujan lima tahunan, dengan durasi hujan satu jam didapatkan intensitas hujan sebesar 8,492 mm/jam.

Sementara itu, hasil perhitungan debit air hujan digunakan untuk mengetahui berapa besar limpasan permukaan yang terjadi. Debit air hujan ($Q_{limpasan}$) berdasarkan metode Rasional dengan membutuhkan data koefisien pengaliran (C), intensitas curah hujan, dan luas area (A). Nilai debit air hujan sebesar 36,3 liter/detik. Kemudian hasil perhitungan volume limpasan adalah jumlah volume air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah. Perhitungan volume limpasan dengan curah yang terjadi rata-rata selama 1500 detik atau 25 menit. Hasil perhitungan volume limpasan bernilai sebesar 54.450 liter/detik.

Hasil Analisis Volume Tampungan Air Hujan Pada Lima Blok Lokasi Berbeda

Daerah tangkapan air hujan merupakan jejak aliran air hujan yang mengalir dari atap rumah yang meliputi semua luasan atap yang dialiri oleh air hujan. Volume air hujan

yang tertangkap pada atap bangunan di Perumahan Green Nirwana Residence dapat dilihat secara komparatif pada lima blok lokasi yang berbeda di Gambar 3.



Gambar 3. Hasil analisis komparatif volume tampungan air hujan pada atap bangunan di lima blok lokasi studi yang berbeda.

Dari perhitungan volume tampungan air hujan pada atap bangunan, dapat dilihat bahwa volume air hujan yang dapat dipanen berkisar antara 100,918 liter s.d. 222,020 liter untuk rumah dan 336 liter untuk masjid. Maka dari volume air hujan yang dipanen tersebut untuk satu buah rumah dibutuhkan satu tandon air dengan kapasitas 225 liter dan satu tandon air untuk kapasitas 400 liter untuk sebuah masjid, hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan jumlah tandon air (buah) pada lima blok lokasi berbeda.

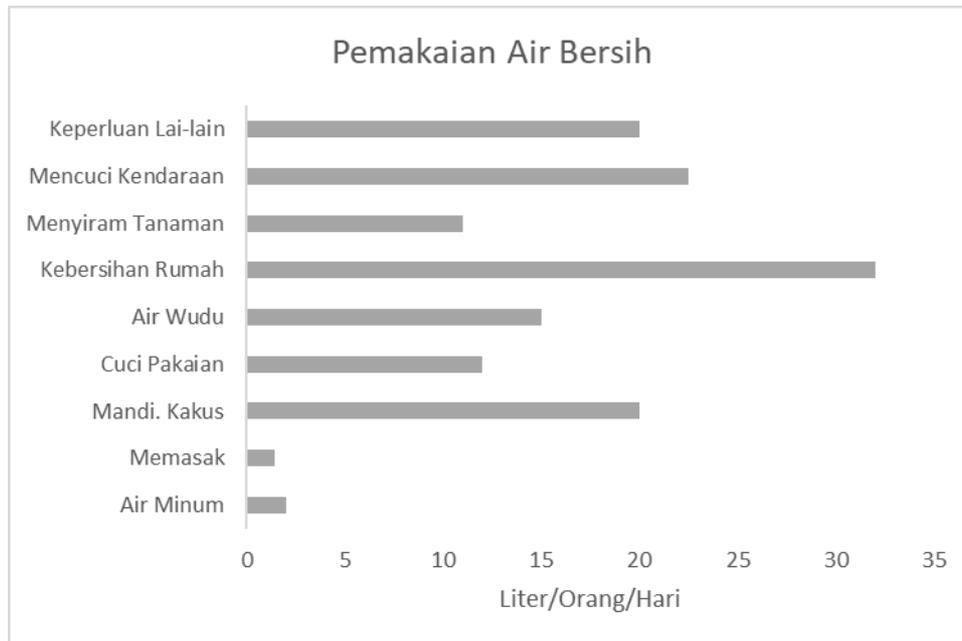
Blok	Kapasitas Tandon Air (liter)	Jumlah Tandon Air (buah)
Blok A	225	36
Blok B	225	58
Blok C	225	92

Blok D	225	25
Masjid	400	1

Volume tandon air dibutuhkan berdasarkan volume air yang akan dipanen, maka dipilih tandon air yang sesuai dengan kebutuhan dan tersedia di pasaran.

Hasil Analisis Pemanfaatan Air Tampungan untuk Kebutuhan Air Bersih

Analisis kebutuhan air bersih menggunakan nilai kebutuhan penggunaan air harian yang dipergunakan orang dalam per hari. Untuk penelitian ini penggunaan air yang dihitung berdasarkan pemakaian air hanya untuk keperluan toilet dan air wudu untuk masjid dikarenakan dalam pemakaian kebutuhan air tidak perlu adanya penelitian-penelitian tentang baku mutu air hujan yang dibutuhkan. Di Perumahan Green Nirwana Residence dengan jumlah rata-rata per keluarga sekitar empat orang dengan jumlah jamaah masjid yang beribadah dalam sehari berkisar 20 orang jamaah (Gambar 4).



Gambar 4. Jumlah pemakaian air bersih untuk berbagai keperluan.

Kebutuhan air untuk toilet dalam satu rumah tangga sebesar 80 liter/orang/hari atau 0,08 m³/hari dan kebutuhan air untuk wudu sebesar 300 liter/orang/hari atau 0,3 m³/hari. Dengan demikian untuk pemanenan air hujan (PAH) yang di tampung dalam hujan satu hari di Perumahan Green Nirwana Residence dengan volume tampungan untuk luasan atap rumah 30 m² dengan volume tampungan PAH sebesar 100,918 liter dan luasan atap rumah 66 m² dengan volume tampungan Pemanenan Air Hujan (PAH) sebesar 222,020 liter dan untuk pemanenan air hujan (PAH) yang ditampung pada masjid

dengan volume tampungan PAH sebesar 336,39 liter dapat terpenuhi sebagai kebutuhan air untuk toilet dalam sehari.

KESIMPULAN DAN SARAN

Efisiensi dari pemanenan air hujan (PAH) adalah untuk mengetahui efektivitas penampungan air hujan (PAH) dari atap rumah dan pemanfaatannya sebagai air bersih terhadap penyusutan air limpasan yang masih mengalir ke permukaan tanah di Perumahan Green Nirwana Residence antara lain:

Volume limpasan yang terjadi sebesar 54,450 m³/detik atau sekitar 54450 liter/detik dengan luasan area perumahan 3,0767 Ha dengan luas atap keseluruhan dari blok A s.d. D sebesar 11038 m² atau sebesar 1,1038 Ha, maka efisiensi yang didapat dari pemanenan air hujan untuk mengurangi limpasan permukaan (PAH) dengan volume air hujan yang dapat dipanen atau ditampung dengan tandon air keseluruhan sebesar 37,131 m³/detik atau sebesar 37131 liter/detik atau sebesar 68,193% dengan durasi hujan 1500 detik/hari.

Volume air yang mengalir ke permukaan tanah dari hasil perhitungan jumlah volume air yang dapat ditampung sebesar 37,131 m³/detik atau sebesar 68,193%, volume air yang masih mengalir ke permukaan tanah sebesar 17,319 m³/detik atau sebesar 31,807%.

Pemanfaatan Pemanenan Air Hujan (PAH) di Perumahan Green Nirwana Residence dengan jumlah rumah 211 rumah dan satu buah masjid bisa di manfaatkan sebagai air bersih untuk kebutuhan toilet untuk rumah tangga dalam satu hari dengan jumlah keluarga berkisar empat orang dengan jumlah penggunaan air untuk toilet sebesar 80 liter/hari/orang. Untuk air hujan yang dapat di panen berkisar antara 100,918 liter/detik s.d. 222,020 liter/detik untuk luasan atap 30,00 m² s.d. 66,00 m² dengan kapasitas tandon air sebagai penampungan sebesar 225 liter. Kebutuhan air wudu di masjid untuk 20 (dua puluh) orang dalam satu hari dengan air hujan yang dapat dipanen sebesar 336,39 liter/detik dengan kapasitas tandon air 400 liter, semuanya dapat terpenuhi dengan satu kali hujan dengan durasi hujan 1500 detik/hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Bapak Agung Pangestu dan Bapak Rosyid R. Al-Hakim yang telah memberikan saran terhadap manuskrip ini. Ucapan terima kasih

dapat juga disampaikan kepada Research Management Center (RMC) Jakarta Global University yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR REFERENSI

- Al Hakim, R. R., & Hidayah, H. A. (2022). Etnobotani pada Kera: Ulasan Singkat untuk Zoofarmakognosi dan Tingkah Laku Anti-Parasit. In D. S. Priyono, A. S. Subiastuti, A. Rabbani, B. Kurniawan, S. Salsabila, & F. N. Azizah (Eds.), *Prosiding Seminar Nasional Biologi Tropika 2022* (p. 79). Uwais Inspirasi Indonesia. <https://snbt.biologi.ugm.ac.id/prosiding/>
- Al Hakim, R. R., Ropiudin, Muchsin, A., & Lestari, F. S. (2021). Analisis Kenaikan Tagihan Listrik Selama Pandemi Covid-19 Berdasarkan Perilaku Konsumtif Energi Listrik di Indonesia. *JURNAL CAFETARIA*, 2(1), 25–35. <https://doi.org/10.2020/akuntansi.v2i1.279>
- Almaut, E. N., AS, S., & Kadarini, S. N. (2016). ANALISA KAPASITAS DAN KINERJA RUAS JALAN PERINTIS KEMERDEKAAN PONTIANAK. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 3(3). <https://doi.org/10.26418/JELAST.V3I3.17973>
- Andri, O., Widodo, S., & Mayuni, S. (2016). ANALISIS LOKASI RAWAN KECELAKAAN LALU LINTAS DI JALAN TRANS KALIMANTAN (KUALA AMBAWANG – SIMPANG AMPAR). *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 3(3). <https://doi.org/10.26418/JELAST.V3I3.17661>
- Araujo, M. C., Leão, A. S., de Jesus, T. B., & Cohim, E. (2021). The role of rainwater harvesting in urban stormwater runoff in the semiarid region of Brazil. *Urban Water Journal*, 18(4), 248–256. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2021.1877743>
- Ardana, P. D. H., & Waluyo, R. (2016). MODEL KONSERVASI BERBASIS PEMANENAN AIR HUJAN DALAM PENGENDALIAN BANJIR PERKOTAAN, SUATU PENGANTAR. *Jurnal Teknik Gradien*, 8(2), 167–178.
- Custódio, D. A., & Ghisi, E. (2023). Impact of residential rainwater harvesting on stormwater runoff. *Journal of Environmental Management*, 326, 116814. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116814>
- Denisa, D. Y. (2019). ANALISIS KECELAKAAN LALU LINTAS PADA RUAS JALAN KAPTEN MULYADI KABUPATEN KARANGANYAR JAWA TENGAH [Universitas Maritim AMNI]. <http://repository.unimar-amni.ac.id/584/>
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*.
- Embongbulan, A., Parinding, C., Sharies, E., Ema, S. S., Pademme, S., & Ambali, D. P. (2021). Pemanenan Air Hujan Sebagai Alternatif Pengelolaan Sumber Daya Air Di Rumah. *Journal Dynamic Saint*, 6(2), 35–40. <https://doi.org/10.47178/DYNAMICS SAINT.V6I2.1440>
- Lestari, E. (2016). PENERAPAN KONSEP ZERO RUNOFF DALAM MENGURANGI VOLUME LIMPASAN PERMUKAAN (PERUMAHAN PURI BALI, DEPOK). *Jurnal Forum Mekanika*, 5(1), 27–34.
- Palla, A., Gnecco, I., & Barbera, P. La. (2017). The impact of domestic rainwater

harvesting systems in storm water runoff mitigation at the urban block scale. *Journal of Environmental Management*, 191, 297–305. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.01.025>

- Pandulu, G. D., & Widodo, E. (2015). PEMANENAN AIR HUJAN PADA PERUMAHAN (REAL ESTATE) MELALUI PEMBANGUNAN DANAU DALAM RANGKA MENGURANGI EKSPLOITASI AIR TANAH DAN LIMPASAN AIR KE DRAINASE DI KOTA MALANG. *Buana Sains*, 15(2), 165–172. <https://doi.org/10.33366/BS.V15I2.375>
- Petrucci, G., Deroubaix, J. F., de Gouvello, B., Deutsch, J. C., Bompard, P., & Tassin, B. (2012). Rainwater harvesting to control stormwater runoff in suburban areas. An experimental case-study. *Urban Water Journal*, 9(1), 45–55. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2011.633610>
- Pontoh, N. K., & Sudrajat, D. J. (2005). Hubungan Perubahan Penggunaan Lahan Dengan Limpasan Air Permukaan. *Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 16(3), 44–56.
- Powell, J. L. (1998). Field Measurement of Signalized Intersection Delay for 1997 Update of the Highway Capacity Manual. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1646(1), 79–86. <https://doi.org/10.3141/1646-10>
- Prabowo, R., Bambang, A. N., & Sudarno, S. (2020). PERTUMBUHAN PENDUDUK DAN ALIH FUNGSI LAHAN PERTANIAN. *MEDIAGRO*, 16(2). <https://doi.org/10.31942/MEDIAGRO.V16I2.3755>
- Roess, R. P., & Prassas, E. S. (2014). *The Highway Capacity Manual: A Conceptual and Research History*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-05786-6>
- Silvia, C. S., & Safriani, M. (2018). Analisis Potensi Pemanenan Air Hujan Dengan Teknik Rainwater Harvesting Untuk Kebutuhan Domestik. *Jurnal Teknik Sipil Dan Teknologi Konstruksi*, 4(1). <https://doi.org/10.35308/JTS-UTU.V4I1.590>
- Steffen, J., Jensen, M., Pomeroy, C. A., & Burian, S. J. (2013). Water Supply and Stormwater Management Benefits of Residential Rainwater Harvesting in U.S. Cities. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 49(4), 810–824. <https://doi.org/10.1111/JAWR.12038>
- Yulianto, U. (2022). Kajian Limpasan Permukaan (Run Off) pada Daerah Aliran Sungai Cidurian di Kabupaten Bogor. *Jurnal Ismetek*, 14(1), 1–5.