

Perancangan Penampungan Air Hujan dengan Filtrasi Sederhana Skala Unit Rumah di Perumahan Villa Citra Bantarjati

*(Design of Rainwater Storage with Simple Filtration in House Unit Scale in Villa
Citra Bantarjati Housing)*

Armin Zuliarti^{1*}, Satyanto Krido Saptomo¹

¹ Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, PO BOX 220, Bogor, Jawa Barat Indonesia

* Penulis korespondensi: armin_zuliarti@apps.ipb.ac.id

Diterima: 9 Juli 2021

Disetujui: 31 Desember 2021

ABSTRACT

Bogor city is included in the region with high rainfall with an average annual rainfall of 3.500 – 4.000 mm so that the potential for rainwater harvest. This research was conducted to plan the volume of rainwater reservoirs that can be applied at the scale of Villa Citra Bantarjati housing units and design filtration tools to improve the physical quality of rainwater that can be used to support domestic needs. This study was conducted using primary data covering the area of roofs as well as secondary data in the form of maximum rainfall data in the last 15 years. Water quality testing is conducted by physical quality test of rainwater before and after passing the design of a simple filter tool to produce water quality that meets class II water quality standards. The area of the roof used to catch rainwater is 25 m², so the average volume of availability accommodated in rainwater reservoirs is 155,31 L/day with a water loss factor due to runoff of 20%. The capacity of rainwater reservoirs that meet domestic water needs is 330 L. The design of this filter is able to improve the physical quality of rainwater with a predetermined arrangement of filter media.

Keywords: Filter, water availability, water quality, rainwater reservoir

PENDAHULUAN

Air hujan merupakan salah satu jenis air alami yang bersih dan tersedia melimpah pada musim penghujan. Terjadinya hujan tidak dapat terlepas dari proses presipitasi yang merupakan komponen dari siklus hidrologi. Siklus hidrologi tersebut menjaga volume air yang terdapat di dunia dalam keadaan tetap. Menurut Sriharto (1993), hujan yang jatuh ke bumi baik langsung menjadi aliran permukaan maupun tidak langsung melalui vegetasi atau media lainnya akan membentuk siklus aliran air mulai dari tempat yang tinggi menuju ke tempat yang rendah, baik di permukaan tanah maupun di dalam tanah yang

berakhir di laut. Terganggunya siklus ini dapat menyebabkan terjadinya gangguan pada sumber pemenuhan kebutuhan air. Salah satu penyebab terganggunya siklus ini adalah berkurangnya daerah resapan air akibat alih fungsi lahan.

Perancangan alat penampungan air hujan di daerah yang memiliki potensi curah hujan tinggi dapat menjadi salah satu alternatif yang digunakan sebagai sumber air cadangan. Namun, jatuhnya air hujan di lokasi tertentu akan mempengaruhi kualitas air hujan. Umumnya hujan yang jatuh di daerah perkotaan cenderung akan menarik partikel debu hasil bahan bakar fosil (Putra 2018). Sebagian besar teknologi modern yang digunakan untuk

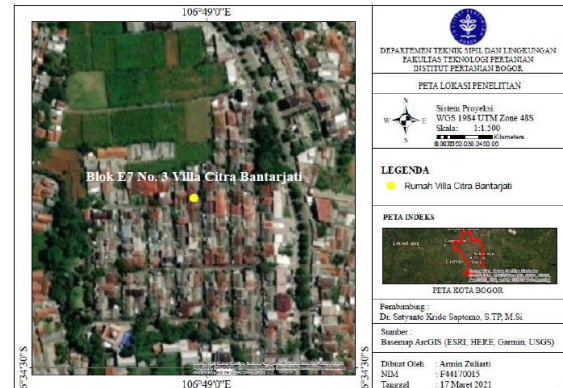
mendapatkan air minum dengan eksploitasi air permukaan dari sungai dan danau, air tanah dari sumur dan sumur bor. Berdasarkan sumber-sumber tersebut hanya mencakup 40% dari total curah hujan (Pangestu 2014). Air hujan bisa lebih bermanfaat jika ditangani dengan cara dan metode yang tepat (Karolita dan Koesmartadi 2013).

Air hujan memiliki potensi untuk dapat dimanfaatkan sebagai air bersih melalui konsep pemanenan air hujan. Walaupun begitu, konsep pemanenan air hujan umumnya hanya digunakan untuk keperluan pemenuhan air bersih untuk kebutuhan domestik non-konsumsi (Despins 2012). Kelebihan air pada bak penampungan air hujan dapat disalurkan menuju sumur resapan sebagai cadangan air di waktu musim kemarau. Pengumpulan air hujan dari atap bangunan biasanya merujuk sebagai pemanenan air hujan atau *Rainwater Harvesting* (RWH), dan biasanya diaplikasikan untuk tidak diminum, seperti penyiraman *water closet* (WC) atau penyiraman tanaman, metode sederhana dalam pengurangan kebutuhan air secara *public* (Despins 2012). Kota Bogor termasuk dalam wilayah dengan curah hujan yang tinggi dengan rata-rata curah hujan tahunan sebesar 3.500-4.000 mm sehingga hal tersebut berpotensi untuk diterapkan pemanenan air hujan.

METODOLOGI

Penelitian dilakukan dalam dua tahap yakni tahap pengumpulan dan pengambilan data serta tahap pengolahan data. Tahap pengumpulan dan pengambilan data di lapangan dilaksanakan pada bulan Maret – April 2021 di Perumahan Villa Citra Bantarjati. Penelitian dilakukan di Jl. Balimbing II Blok E7 Nomor 3 Perumahan Citra Villa Bantarjati. Denah

lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1, sementara tahap pengolahan data dilakukan pada bulan Mei-Juni 2021.



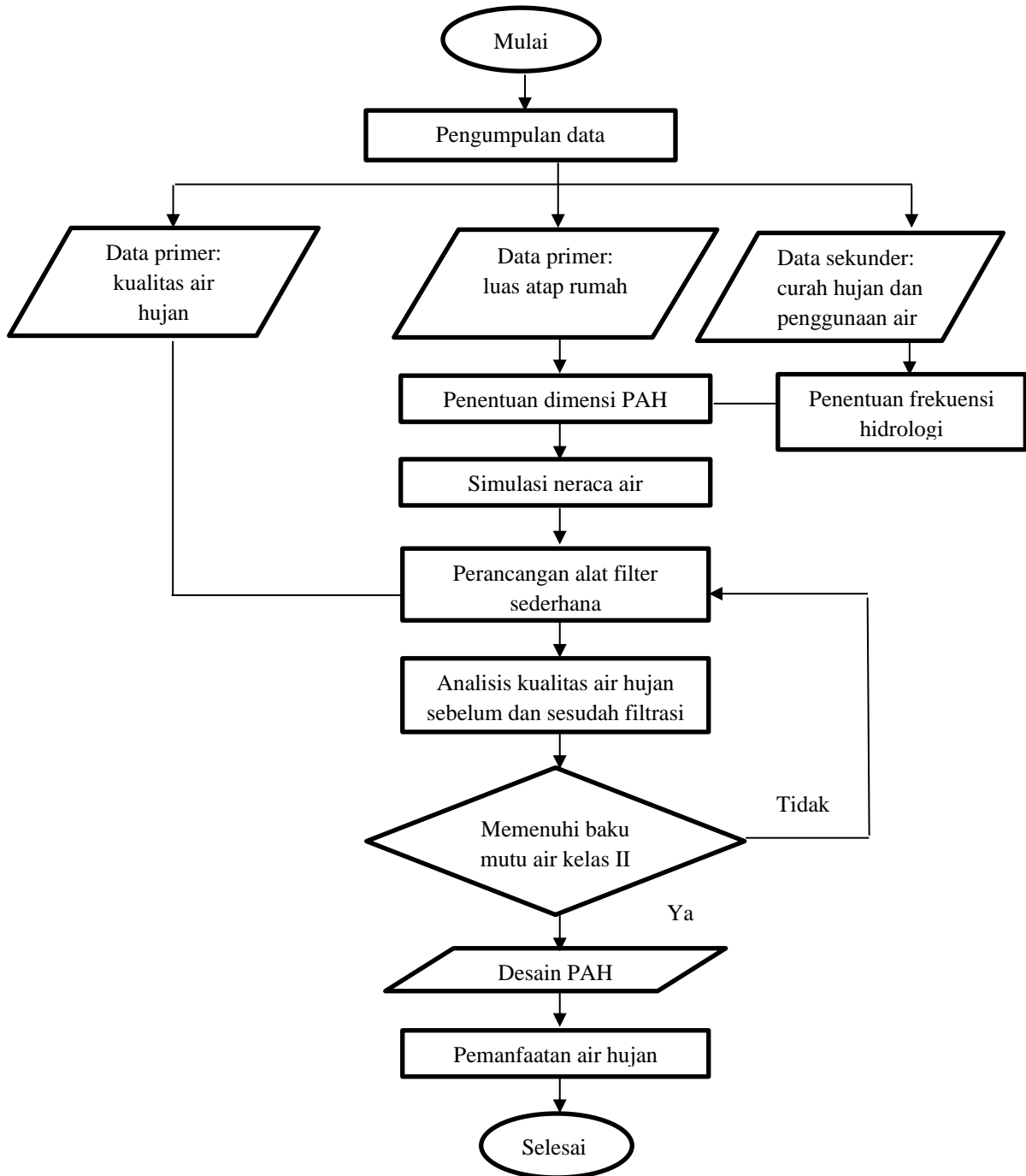
Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu alat tulis dan laptop yang telah dilengkapi dengan beberapa *software* seperti, *ArcGIS*, *GoogleEarth pro*, *AutoCAD*, serta *software* pendukung lainnya seperti *Microsoft Excel*, dan *Microsoft Word*. Adapun bahan yang diperlukan terbagi menjadi dua, yaitu data primer meliputi luas atap rumah sebagai tangkapan air hujan dan data sekunder meliputi data curah hujan wilayah Bogor, denah perumahan, dan data penggunaan air. Perancangan model penampungan air hujan direncanakan berupa gambaran desain dengan menggunakan perangkat lunak *AutoCAD* dan *SketchUp*.

Penelitian dilakukan menggunakan beberapa pendekatan yaitu pendekatan studi lapangan, studi pustaka, analisis data curah hujan, serta perancangan dan pengujian alat filtrasi sederhana. Data curah hujan pada Perumahan Villa Citra Bantarjati merupakan data awal yang dibutuhkan. Data curah hujan yang digunakan adalah curah hujan bulanan 15 tahun terakhir dari tahun 2006-2020 diperoleh dari Stasiun Klimatologi BMKG Bogor. Kebutuhan air untuk PAH setiap rumah direncanakan dengan ketentuan bahwa

pemakaian air yang dipergunakan hanya untuk kebutuhan domestik non-konsumsi seperti kebutuhan kamar mandi/toilet, dapur, mencuci pakaian

dan kebutuhan lainnya, serta pemakaian air penampung dihitung dengan 3 orang/rumah. Tahapan penelitian disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Teknik pemanenan air hujan dengan atap bangunan sebagai daerah tangkapan airnya (*catchment area*) dimana air hujan yang jatuh di atas atap kemudian disalurkan melalui talang untuk selanjutnya dikumpulkan dan ditampung ke dalam tangki atau bak penampung air hujan. Air hujan yang dipanen adalah air hujan yang jatuh dari atap dan kemudian dilakukan perhitungan dengan mengalikan curah hujan harian maksimum dengan luas atap rumah. Penentuan dimensi penampungan air hujan dapat dilakukan setelah diketahui jumlah air hujan yang diterima oleh atap (Putra 2018). Menurut Klinder dan Russel (1984), kebutuhan penggunaan air rata-rata untuk rumah tangga disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Penggunaan Air Rata-rata untuk Rumah Tangga

Jumlah Kegiatan	Kebutuhan Air (lt/orang/hari)
Dapur	45
Kamar Mandi	60
Toilet	70
Mencuci Pakaian	45
Kebutuhan lainnya diluar rumah	75

Air hujan yang tertampung dalam wadah atau bak penampungan direncanakan telah memenuhi syarat mutu air kelas II yang dapat dikategorikan sebagai air bersih, sehingga hal tersebut bertujuan untuk memenuhi kebutuhan domestik non konsumsi seperti kebutuhan dapur, kamar mandi, toilet, dan mencuci pakaian. Penentuan volume pada kebutuhan tersebut selanjutnya dihitung dengan mengalikan kebutuhan air setiap kegiatan dengan jumlah orang yang ada di rumah.

Analisis Debit Limpasan dan Kemampuan Filtrasi

Analisis frekuensi adalah salah satu analisis data hidrologi dengan menggunakan statistika untuk memprediksi besaran hujan atau debit dengan masa ulang tertentu. Analisis frekuensi data hidrologi diperlukan untuk mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrem terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas (Suripin 2004). Kejadian ekstrem tersebut nantinya akan digunakan sebagai acuan batas desain. Analisis frekuensi diperkirakan dengan interval kejadian tertentu seperti 10 tahunan, 100 tahunan, hingga 1000 tahunan. Terdapat tiga tahap dalam melakukan analisis frekuensi perhitungan hujan, antara lain penentuan parameter statistik, pemilihan jenis sebaran, serta uji kecocokan sebaran.

Tabel 2 Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	$(x \pm s) = 68,27\%$ $(x \pm 2s) = 95,44\%$ $Cs \approx 0$ $Ck \approx 3$
2	Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3Cv$ $Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$
3	Gumbel	$Cs = 11,14$ $Ck = 5,4$
4	Log Pearson III	Selain dari nilai di atas

Sumber: Triatmodjo (2008)

Menurut Ihsan (2016) menyatakan bahwa analisis frekuensi yang digunakan dalam perhitungan hujan meliputi beberapa persamaan antara lain sebaran normal, sebaran Log normal, sebaran Gumbel, dan sebaran Log-Pearson III. Analisis frekuensi perhitungan menggunakan persamaan (1) hingga (8). Untuk menghitung intensitas curah hujan menggunakan rumus mononobe dengan menggunakan persamaan (9).

a. Distribusi Normal
 Analisis distribusi normal yang dilakukan dengan menggunakan Persamaan (1)

$$X_T = X + K_T S \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:
 X_T = perkiraan nilai periode ulang T tahunan
 K_T = faktor frekuensi
 S = deviasi standar data
 X = nilai rata-rata data

b. Distribusi Log Normal
 Analisis distribusi Log Normal yang dilakukan dengan menggunakan Persamaan (2).

$$Y_T = Y + K_T S \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:
 Y_T = perkiraan nilai periode ulang T tahunan
 K_T = faktor frekuensi
 S = deviasi standar data
 Y = nilai rata-rata data

c. Distribusi Gumbel
 Analisis distribusi Gumbel dan faktor probabilitas K untuk harga ekstrem Gumbel menggunakan Persamaan (3) dan (4).

$$X = X + SK \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:
 X = nilai rata-rata data
 S = deviasi standar data

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (4)$$

d. Distribusi Log Pearson III
 Adapun langkah-langkah menggunakan Log Pearson III adalah sebagai berikut:

- Data curah hujan diubah ke dalam bentuk logaritmik, $X = \log X$

- Nilai rata-rata dihitung menggunakan Persamaan (5) dan nilai deviasi standar menggunakan Persamaan (6).

$$\log X = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \dots\dots\dots (5)$$

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log X)^2}{n-1} \right]^{0.5} \dots\dots\dots (6)$$

- Koefisien kemencengan dihitung menggunakan Persamaan (7). Logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T dihitung menggunakan Persamaan (8). K merupakan variabel standar untuk X yang tergantung koefisien kemencengan G.

$$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log X)^3}{(n-1)(n-2)s^3} \dots\dots\dots (7)$$

$$\log X_T = \log X + K_s \dots\dots\dots (8)$$

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_e} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan:
 I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
 t_e = Lamanya curah hujan/durasi curah hujan (jam)
 R₂₄ = Curah hujan rencana dalam suatu periode ulang (mm/hari)

Desain Perencanaan Penampungan Air Hujan (PAH)

Konsep penampungan air hujan yang dilakukan dengan menggunakan tangkapan atap yang kemudian akan dialirkan ke bak panampungan. Air hujan yang mengalir melalui atap akan menjadi limpasan yang kemudian dikumpulkan melalui talang dan dialirkan menuju bak penampung air hujan. Kapasitas penyimpanan memiliki beberapa kriteria desain: pola curah hujan dan volume, durasi periode kering dan estimasi permintaan dengan harapan

bahwa musim kering akan segera berakhir. Perhitungan untuk perkiraan jumlah air yang dipanen dari hasil pengumpulan melalui atap rumah disajikan pada Persamaan (10).

$$Q = C \times i \times A \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan:

- Q = jumlah air yang dipanen (liter)
- C = koefisien *runoff*
- i = intensitas curah hujan (mm)
- A = luas atap (m²)

Koefisien *runoff* didefinisikan sebagai nisbah aliran antara puncak limpasan terhadap intensitas hujan (Wijaya *et al.* 2014). Faktor utama yang memengaruhi koefisien ini adalah laju infiltrasi tanah atau persentase lahan kedap air, kemiringan lahan, tanaman penutup tanah, dan intensitas hujan (Henri dan Achmad 2015). Koefisien *runoff* menyumbang kehilangan air akibat benturan, penguapan, kebocoran, dan meluap. Menurut McCuen (1998), koefisien *runoff* pada atap berkisar antara 0,75 – 0,95.

Bak penampungan air hujan dapat terbuat dari drum. Untuk penentuan dimensi bak PAH dapat dilakukan perhitungan dengan mengacu pada modul Penampungan Air Hujan (KemenPU 2009). Penentuan dimensi bak penampungan air hujan dilakukan dengan menggunakan simulasi perhitungan neraca air, sehingga untuk menentukan volume air hujan yang

melimpas dapat dihitung menggunakan persamaan (11). Akumulasi volume yang tertampung tangki menggunakan persamaan (12), dan sisa volume penggunaan air dapat dihitung menggunakan persamaan (13).

$$Melimpas = P - Tam \dots\dots\dots (11)$$

$$Ak = Tam + S(n-1) \dots\dots\dots (12)$$

$$S = Tam - Tot \dots\dots\dots (13)$$

Keterangan:

- Melimpas = volume hujan yang melimpas (liter)
- P = jumlah air hujan yang dipanen (liter/bulan)
- Tam = air hujan yang ditampung (liter)
- Ak = akumulasi volume air yang tertampung pada tangki (liter)
- S(n-1) = sisa volume air hujan sebelumnya (liter)
- S = sisa volume air hujan pada tangki (liter)
- Tot = total kebutuhan air domestik setiap hari (liter)

Penampungan air hujan dilengkapi dengan sistem pengolahan yang memadai untuk digunakan sebagai kebutuhan domestik. Penerapan unit ini akan dilakukan di kota metropolitan dengan kebutuhan air sebesar 220 liter/jiwa/hari, sehingga untuk 3 orang dalam 1 rumah dibutuhkan volume air sebesar 660 liter/hari.

Tabel 3 Metode Perhitungan Neraca Air

No	Notasi	Keterangan	Satuan
1	T	Tanggal	-
2	CH	Curah hujan	mm
3	P	Air hujan yang dipanen	liter
4	N1	Kebutuhan dapur	liter/hari
5	N2	Kebutuhan kamar mandi	liter/hari
6	N3	Kebutuhan toilet	liter/hari
7	N4	Kebutuhan mencuci pakaian	liter/hari
8	Tk	Total kebutuhan	liter/hari
9	Pt	Potensi tampungan: potensi volume air yang ditampung	liter
10	S	Sisa air tertampung	liter
11	Ak	Akumulasi air yang digunakan	liter
12	Melimpas	Air yang melimpas	liter

Simulasi neraca air digunakan untuk menjelaskan algoritma operasi tangki penyimpanan pada sistem *rainwater harvesting* (Imam *et al.* 2017). Dalam penelitian ini, analisis ketersediaan air untuk kebutuhan air dilakukan dengan menggunakan simulasi neraca air (*water balance*). Data yang perlu disiapkan tertera pada Tabel 3, hal tersebut bertujuan untuk mengetahui apakah desain yang akan direncanakan dapat sesuai dan mendukung kebutuhan air.

Modifikasi Alat Filtrasi Sederhana

Filtrasi sederhana adalah teknologi penyaringan dengan berbagai macam media (*multi-filter*) seperti kerikil, pasir, ijuk. Hal ini dapat dimodifikasi dengan media adsorpsi seperti karbon aktif granular (GAC) dan zeolit untuk hasil terbaik. Modifikasi filter ini telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, sehingga perbedaan penelitian ini terhadap susunan media filter dengan penambahan material berupa kerikil besar. Semakin tebal dan semakin banyak bahan yang digunakan, semakin bersih air yang disaring (Novia *et al.* 2019). Teknologi ini dapat dijadikan sebagai solusi bagi masyarakat karena pengolahan sederhana dengan

alat dan bahan tersedia dengan pengoperasian mudah serta biaya yang murah. Padatan terlarut, mikroorganisme, mineral, dan logam berat dalam air hujan akan teradsorpsi dalam GAC dan zeolit (Untari dan Kusnandi 2015). Peralatan yang digunakan dalam perancangan adalah pipa PVC D 6”, belokan pipa D 6”, pipa PVC ½”, pipa dop D 6”, dan lem PVC. Bahan pendukung lain adalah pasir halus 20 up mesh, pasir kasar 4 - 8 mesh, kerikil besar 8 - 16 mesh, GAC (*Granular Activated Carbon*) 6 - 8 mesh, zeolit 16 - 32 mesh, ijuk/serabut kelapa, spon dan kapas. Susunan media filter yang dirancang pada pipa dari atas ke bawah adalah sebagai berikut (Untari dan Kusnandi 2015):

- a. Spon dan kapas dengan tinggi total lapisan 10 cm.
- b. Zeolit dengan tinggi lapisan 15 cm.
- c. Spon dan ijuk dengan tinggi 15 cm.
- d. GAC (*Granular Activated Carbon*) dengan tinggi lapisan 15 cm.
- e. Spon dan ijuk dengan tinggi lapisan 15 cm.
- f. Kerikil kecil dengan tinggi lapisan 10 cm.
- g. Pasir kasar dengan tinggi lapisan 10 cm.

- h. Pasir halus dengan tinggi lapisan 15 cm
- i. Spon dan kapas kerikil besar dengan tinggi lapisan 15 cm.

Analisis Kualitas Air Hujan Sebelum dan Sesudah Filtrasi

Analisis kualitas air hujan sebelum dan sesudah filtrasi dapat diuji berdasarkan karakteristik fisika dan kimia. Hasil pengujian karakteristik air hujan ini kemudian dibandingkan dengan hasil uji karakteristik air hasil filtrasi berdasarkan standard baku mutu sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 82 (PP RI 2001). Parameter fisika air hujan yang diuji diantaranya uji kebauan, TDS, kekeruhan, rasa, temperatur, dan warna. Parameter kimia air hujan yang diuji diantaranya pH, nitrit dan nitrat, dan amonia. Kemudian hasil pengujian berdasarkan parameter fisika dan kimia ini dibandingkan dengan standard baku mutu yang berlaku.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hidrologi

Analisis curah hujan yang digunakan dalam penentuan frekuensi hidrologi yaitu curah hujan pada tahun 2006-2020 yang diperoleh dari Stasiun Klimatologi BMKG Bogor. Berdasarkan modul Penampungan Air Hujan Kementrian PU tentang Penyelenggaraan Pengembangan SPAM bukan Jaringan Perpipaan No. 01/PRTM/M/2009, wilayah Kota Bogor memenuhi persyaratan lokasi penyelenggaraan penampungan air hujan (PAH) dengan minimal memiliki curah hujan total tahunan sebesar 1.300 mm. Oleh karena itu, Perumahan Villa Citra Bantarjati memiliki potensi untuk diterapkannya penampungan air hujan (PAH). Berdasarkan curah hujan

maksimum tahun 2006-2020 yang disajikan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa curah hujan harian maksimum terendah sampai tertinggi setiap tahunnya berkisar antara 97,40 mm hingga 169,10 mm. Selanjutnya data curah hujan tersebut diolah dengan analisis frekuensi.

Tabel 4 Curah Hujan Maksimum Tahun 2006-2020

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm/Hari)
2006	136,40
2007	155,50
2008	104,50
2009	115,10
2010	144,50
2011	97,60
2012	116,00
2013	97,40
2014	169,10
2015	155,80
2016	108,60
2017	117,60
2018	134,50
2019	134,20
2020	122,90
Jumlah	1909,70
Rata-rata	127,31
Deviasi Standard (SD)	22,15

Analisis frekuensi data hidrologi dilakukan untuk mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrem terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas (Suripin 2004). Analisis distribusi frekuensi yang digunakan untuk menentukan curah hujan rencana (R24) diantaranya adalah distribusi normal, distribusi Log Normal, distribusi Log-Pearson III, dan distribusi Gumbel untuk periode ulang 1.25, 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Perhitungan analisis frekuensi dengan empat jenis model distribusi disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Analisis Jenis Distribusi Hujan

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Gumbel	$Cs \leq 1,1396$	0,37	Memenuhi
		$Ck \leq 5,4002$	0,18	Memenuhi
2	Normal	$Cs \approx 0$	0,37	Tidak Memenuhi
		$Ck \approx 3$	0,18	Tidak Memenuhi
3	Log Normal	$Cs \approx 3Cv + Cv^2 = 3$	0,11	Tidak Memenuhi
		$Ck = 5,383$	0,17	Tidak Memenuhi
4	Log Pearson III	$Cs \neq 0$	0,12	Memenuhi
		$Ck = 1,5Cs (\ln x)^2 + 3 = 3,001$	3,26	Tidak Memenuhi

Setiap jenis model distribusi memiliki persyaratan parameter statistik (Bhim *et al.* 2012). Pemilihan jenis sebaran ditentukan dengan parameter statistik yang kemudian dibandingkan dengan syarat pemenuhan. Parameter statistik yang digunakan adalah koefisien *skewness* (Cs) dan koefisien kurtosis (Ck). Berdasarkan analisis jenis distribusi yang disajikan pada Tabel 5, nilai koefisien *skewness* dan koefisien kurtosis yang memenuhi syarat adalah metode Gumbel.

Curah hujan rencana yang digunakan dalam proses perhitungan dengan menggunakan curah hujan hasil analisis dengan periode ulang 2 tahunan atau probabilitas 50% sebesar 124,311 mm/hari yang disajikan pada Tabel 8. Pemilihan ini berdasarkan PermenPU No. 12 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan, dimana luas daerah dengan tangkapan air (<10 ha) maka periode ulang yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana menggunakan periode ulang 2 tahunan.

Tabel 6 Analisis Probabilitas Hujan Rencana

Periode Ulang (T tahun)	Gumbel (mm/hari)	Normal (mm/hari)	Log Normal (mm/hari)	Log Pearson III (mm/hari)
1,25	105,103	108,708	108,585	108,547
2	124,311	127,313	125,546	125,546
5	150,748	145,919	145,157	145,207
10	168,249	155,665	156,623	156,677
25	190,368	165,189	168,704	169,903
50	206,775	172,720	178,912	178,943
100	223,062	178,922	187,780	187,651

Setelah hasil dari keempat metode distribusi didapat, selanjutnya adalah pengujian uji kecocokan dengan menggunakan uji Smirnov-Kolmogorov dan chi kuadrat berdasarkan analisis parameter statistik dengan risiko kesalahan sebesar 5%. Berdasarkan hasil analisis uji chi kuadrat yang memenuhi adalah distribusi Gumbel sebesar 4,005 dan distribusi Log Pearson III sebesar 6,319 dengan x^2 teoritis sebesar 7,815. Hasil distribusi Gumbel dan Log Pearson

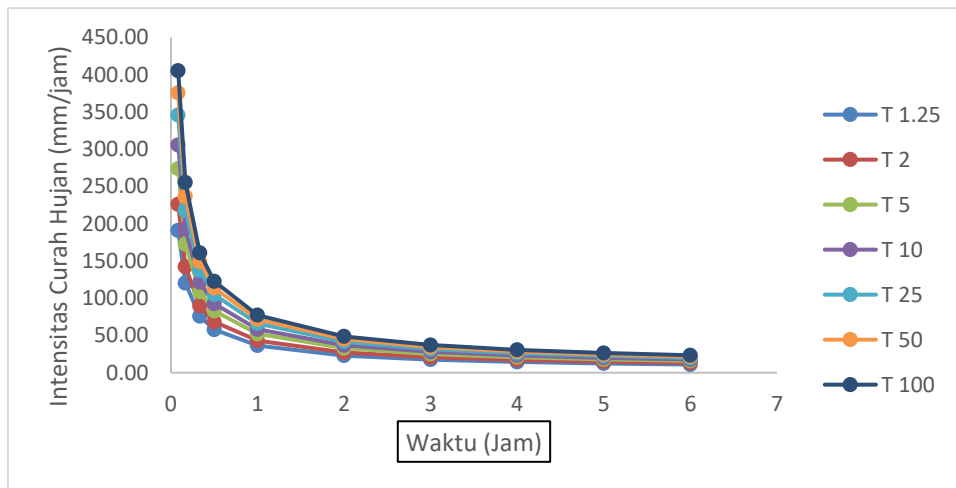
III dapat diterima karena nilai x^2 perhitungan lebih kecil dari x^2 teoritis.

Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan persatuan waktu. Intensitas curah hujan yang diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun empiris. Biasanya intensitas curah hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit,

30 menit, 60 menit dan jam-jaman (Yulius 2014). Intensitas curah hujan yang diolah menggunakan rumus mononobe dengan menggunakan durasi hujan selama 120 menit atau 2 jam (Ichsan 2020) dengan periode ulang yang digunakan sesuai dengan data yang dipakai pada penentuan curah hujan rencana yaitu 2 tahun dengan nilai 27,149 mm/jam. Hal ini sesuai dengan kurva IDF (*Intensity Duration*

Frequency) disajikan pada Gambar 3 yang menjelaskan bahwa semakin lama durasi curah hujan maka nilai intensitas hujan akan semakin kecil dan semakin pendek durasi curah hujan maka intensitas hujan juga akan semakin besar, karena hujan deras berlangsung pada waktu yang singkat sehingga konsentrasi hujan yang tinggi terdapat pada awal turunnya hujan.



Gambar 3 Kurva IDF (*Intensity Duration Frequency*)

Ketersediaan Air Hujan

Penampungan atau penyimpanan air hujan dapat mengatasi permasalahan ketersediaan air sehingga berdampak positif bagi pengelolaan air serta lingkungan hidup sekitar dengan mengurangi jumlah ketersediaan air limpasan (*run-off*). Kesesuaian luas atap mempengaruhi besarnya ketersediaan air hujan yang tertangkap. Luas atap yang digunakan untuk menangkap air hujan sebesar 25 m² dengan panjang atap 5 m dan lebar atap 5 m. Volume air hujan yang dapat ditampung pada bak penampungan air hujan dihitung berdasarkan luas tangkapan air hujan (atap) yang dikalikan terhadap besarnya curah hujan harian maksimum (Putra 2018). Berdasarkan hasil perhitungan,

rata-rata volume air hujan harian maksimum yang ditampung adalah sebesar 194,66 liter/hari. Faktor kehilangan air yang digunakan dalam perhitungan akibat limpasan sebesar 20% dengan 80% merupakan faktor ketersediaan air hujan yang dipanen, sehingga nilai rata-rata volume yang dapat ditampung pada bak penampungan air hujan sebesar 155,31 liter/hari.

Penentuan Kapasitas Bak Penampungan Air Hujan

Penentuan bak penampungan air hujan yang direncanakan disesuaikan dengan volume bak penampungan yang harus disediakan. Semakin besar volume bak penampungan maka akan semakin besar pula tangkapan air yang

tertampung. Semakin besar penampungan air hujan maka volume air hujan yang menjadi limpasan akibat tidak tertampung oleh bak penampungan akan semakin kecil. Kesesuaian luas atap mempengaruhi besarnya ketersediaan air hujan yang tertangkap. Menurut Harsoyo (2010) menyebutkan bahwa bangunan untuk pemanenan air hujan dapat dibuat dengan cepat karena cukup sederhana dan mudah dalam pembuatannya. Komponen-komponen utama dalam

tampungan air hujan terdiri dari atap rumah sebagai tangkapan air hujan, saluran pengumpul (*collector channel*), filter untuk menyaring daun-daun atau kotoran lainnya yang terangkut oleh air, dan bak penampung air hujan. Kapasitas penampungan air hujan ditentukan berdasarkan volume rencana air hujan yang digunakan. Berikut merupakan beberapa kapasitas penampung air hujan untuk pemenuhan 50% kebutuhan air domestik disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 Kapasitas Penampungan Air Hujan

No	Kapasitas Penampungan (Liter)	Total Air Tertampung Per Tahun (Liter)	Total Air Melimpas Per Tahun (Liter)	Presentase rata-rata pemenuhan (%/tahun)
1	250	30.083	40.970	25,0
2	330	36.035	35.018	29,9
3	500	45.628	25.425	29,9
4	1.000	60.803	10.250	29,9
5	1.500	68.008	30.45	29,9
6	2.000	70.408	645	29,9

Berdasarkan kapasitas penampungan air hujan yang disajikan pada Tabel 7, kapasitas penampungan air hujan yang memenuhi untuk kebutuhan air domestik adalah 330 lt. Presentase rata-rata pemenuhan kebutuhan air selama satu tahun sebesar 29,9 %/tahun mencapai nilai optimum. Potensi air hujan yang dipanen berpengaruh pada berapa luas atap yang digunakan sebagai pemanenan air hujan. Semakin besar luas atap yang digunakan maka volume air yang tertampung akan semakin besar. Kapasitas penampungan air yang semakin besar membutuhkan hari/target pemenuhan air terpenuhi yang semakin

lama. Adapun volume air hujan maksimum yang dapat ditampung sebesar 1.952 lt per hari dengan kapasitas bak penampungan air hujan sebesar 330 lt dengan kapasitas debit filter yang masuk sebesar 0,047 lt/detik. Dimensi penampungan air hujan yang digunakan sebagai tampungan air hujan setelah melewati filter berukuran 68 cm x 109 cm x 40 cm. Kapasitas debit filter yang dihasilkan diperoleh dari air hujan yang ditampung langsung untuk menentukan berapa liter air yang ditampung dalam waktu 15 detik.

Tabel 8 Perbandingan Luas Atap terhadap Ketersediaan Air Hujan

No	Luas Atap Rumah (m ²)	Total Potensi Air Tertampung Bak 330 Liter Per Tahun (Liter)	Total Air Melimpas Pert Tahun (Liter)
1	25	36.035	35.018
2	36	40.850	61.465
3	45	43.679	84.216
4	54	45.641	107.832
5	60	46.686	123.840
6	70	48.281	150.666
7	100	51.600	232.610
8	120	52.956	288.096

Berdasarkan Tabel 8, luas atap rumah yang digunakan sebagai tangkapan air hujan memiliki ukuran yang berbeda setiap rumah. Total potensi air hujan yang tertampung dari masing-masing luas atap memiliki nilai yang tidak jauh berbeda. Potensi air hujan yang dipanen berpengaruh pada berapa luas atap yang digunakan sebagai pemanenan air hujan. Semakin besar luas atap yang digunakan sebagai tangkapan air hujan maka nilai volume air yang tertampung dan air yang melimpas akan semakin besar. Perbandingan luas atap yang digunakan sebagai acuan untuk mengetahui potensi air yang tertampung pada penggunaan kapasitas bak penampungan air hujan sebesar 330 liter.

Penempatan bak penampungan air hujan yang direncanakan ditempatkan diatas permukaan tanah. Kelebihan penempatan bak penampungan diatas tanah antara lain mudah dalam perawatannya serta mudah apabila dipindahkan, sedangkan kelemahannya membutuhkan tempat yang luas sesuai dengan kapasitas penampungan air hujan yang direncanakan. Namun, kapasitas penampungan air hujan yang dipilih menggunakan lahan yang sempit. Pengumpulan air hujan pertama-tama harus mengumpulkan air hujan di bak penampungan, kemudian menggunakan saringan filter untuk disalurkan ke bak penampungan air hujan. Hal ini

bertujuan untuk meminimalisir limpasan air hujan yang jatuh agar tidak banyak terbuang serta mengendapkan polutan air hujan sebelum masuk ke filter. Penampungan air hujan yang dilakukan dengan membuang air 5 menit pertama pada awal musim hujan. Hal ini karena 5 menit pertama air hujan mengandung asam yang berbahaya bagi tubuh (Harsoyo 2010).

Kualitas Air Hujan

Air hujan merupakan sumber air yang sangat penting, terutama di daerah yang tidak terdapat sistem penyediaan air bersih, dan daerah yang mempunyai kualitas air permukaan rendah (Abdulla *et al.* 2009). Kualitas air hujan dipengaruhi oleh tingkat polusi udara yang ada di lingkungan. Air hujan yang jatuh ke permukaan tidak sepenuhnya bersih karena terdapat debu atau bakteri lainnya yang menempel pada air hujan (Vitasari 2020). Menurut Alamsyah (2006), pengolahan air secara fisik merupakan pengolahan sifat fisik air untuk memenuhi standar fisik sebagai bahan baku air minum yang meliputi bau, warna, rasa, tingkat kekeruhan atau kejernihan air, jumlah zat yang terlarut dan suhunya. Beberapa parameter air hujan yang dilakukan pengujian diantaranya pH, daya hantar listrik, Na, Cl, NO₂, NO₃ dan NH₄ (Husni dan Nuryanto 2000). Hasil uji laboratorium yang diperoleh berdasarkan pengujian

kualitas air disajikan pada Tabel 8 dan dibandingkan dengan baku mutu air

kelas II sebelum dan sesudah melewati filter.

Tabel 9 Hasil Pengujian Kualitas Air Hujan

No	Parameter	Kadar Izin Maksimum Kelas II	Sebelum Filter	Setelah Filter	Satuan
A. Fisika					
1	Bau	Tidak berbau	-	-	-
2	TDS	1000	14,4	24,9	mg/L
3	Kekeruhan	25	2	1,9	NTU
4	Rasa	Tidak berasa	Normal	Normal	-
5	Suhu	3°C Suhu udara	25	25	°C
6	Warna	50	0	0	TCU
B. Kimia					
1	Kesadahan (CaCO ₃)	500	140,14	88,08	mg/L
2	Nitrat	10	0,005	0,0045	mg/L
3	Nitrit	1,0	0,00213	0,00274	mg/L
4	pH	6,5 – 9,0	7,52	7,79	-
5	Amonia	1,0	0,002	0,001	mg/L

Berdasarkan Tabel 9, hasil pengujian kualitas air hujan di wilayah Kota Bogor khususnya di perumahan Villa Citra Bantarjati sebelum dan sesudah melalui filter dapat dikategorikan sebagai baku mutu air kelas II sesuai dengan Peraturan Pemerintah No.82 (PP RI 2001). Pengujian kualitas air ini dilakukan setelah air ditampung pada bak penampungan selama 1 hari. Setelah itu, dilakukan uji kualitas air hujan di laboratorium. Hasil pengujian didapat bahwa parameter yang berpengaruh terhadap kualitas air berdasarkan pengujian kualitas air adalah uji kesadahan. Nilai kesadahan pada air hujan sebelum difiltasi sebesar 140,14 mg/L kemudian menjadi 88,08 mg/L setelah difiltrasi. Sistem filtrasi ini dapat menurunkan kesadahan hingga 52,06 mg/L sehingga berdasarkan standar baku mutu Peraturan Pemerintah No. 82 (PP RI 2001) sebelum filtrasi dan setelah filtrasi sudah memenuhi standar yang berlaku yaitu 500 mg/L (Abidjulu 2008). Pengujian kualitas air sesudah filter dapat meningkatkan kualitas air menggunakan parameter fisika dan kimia yang dilakukan di laboratorium

sudah sesuai dengan baku mutu kelas II, sehingga air tersebut bisa digunakan untuk keperluan rumah tangga seperti dapur, kamar mandi, toilet serta mencuci pakaian. Apabila digunakan sebagai air minum perlu dilakukan pengujian laboratorium lebih lanjut atau dengan cara merebus air dengan suhu 100°C mampu membunuh bakteri di dalam air (Sutanto 2013).

Pengolahan air dengan menggunakan susunan media filter dilakukan dengan menyiapkan pipa PVC 3” setinggi 1 meter yang digunakan sebagai alat pengolahan air hujan. Bahan penyusun filter seperti spon dan kapas, zeolit, spon dan ijuk, GAC (*Granular Activated Carbon*), spon dan ijuk, kerikil kecil, pasir kasar, pasir halus, kerikil besar, serta spon dan kapas dimasukkan ke dalam pipa PVC dengan ketinggian yang telah ditentukan. Pergantian filter ini dilakukan dengan mengganti komponen media filter selama 6 sampai 12 bulan sekali. Hal tersebut tidak digunakan sebagai acuan, apabila warna air sudah mulai keruh sebelum 6 bulan, maka harus dilakukan pergantian filter. Bahan penyusun filter yang berperan dalam pengolahan air dengan parameter

fisika ataupun kimia adalah zeolit dan arang aktif (GAC). Menurut Las (2007), zeolit merupakan filter kimia yang digunakan untuk penjernihan air limbah terutama dalam penyerapan amonium, nitrit, nitrat, dan H₂S. Dalam proses filtrasi arang aktif berperan untuk menyaring bau, menjernihkan dan menyaring logam yang terkandung dalam air (Mugiyantoro *et al.* 2017). Menurut Sutisna (2002), kombinasi campuran arang aktif dan zeolit mampu meningkatkan kemampuan absorbs unsur dan eliminasi bakteri *Eschericia coli* secara signifikan.

Pemanfaatan Air Hujan

Pemanenan air hujan atau *rainwater harvesting* (RWH) merupakan salah satu praktek LID (*Low Impact Development*) yang diterapkan untuk mengolah air hujan sehingga dapat digunakan sebagai sumber air bersih. Pemanenan air hujan yang dilakukan dengan mengumpulkan air hujan yang berasal dari atap rumah kemudian disalurkan melalui talang untuk dikumpulkan dan ditampung ke dalam bak penampung air hujan. Air hujan yang dipanen dengan melewati saringan filter akan memiliki kualitas air yang lebih baik dibandingkan dengan sebelum melewati filter. Berdasarkan hasil pengujian dilaboratorium yang dilakukan, kualitas air hujan yang telah melewati filter termasuk dalam kategori baku mutu kelas II. Hasil air hujan yang telah melewati filtrasi dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air domestik seperti kebutuhan dapur, mencuci pakaian, toilet, kamar mandi, dan menyiram tanaman.

Air hujan yang tertampung dalam bak penampungan selanjutnya akan dialirkan menuju *rooftank*. Air yang tertampung dalam *rooftank* yang berasal dari air PAM akan tercampur dengan air hujan yang telah difilter, sehingga dapat

mengurangi penggunaan air PAM karena sebagian kebutuhan air domestik berasal dari air hujan yang telah diuji kualitas airnya. Penggunaan air untuk kebutuhan dapur, kamar mandi, toilet dan mencuci pakaian untuk kebutuhan setiap orang per hari berturut-turut adalah 45 lt, 60 lt, 70 lt, dan 45 lt. Kebutuhan volume air total sebesar 220 lt/orang/hari dengan jumlah penghuni rumah 3 orang, sehingga kebutuhan air bersih satu rumah sebesar 660 lt. Menurut Metcalf (2004), bahwa volume penggunaan air yang dibutuhkan setiap orang per harinya sebesar 50 liter sampai dengan 250 liter. Total air yang tertampung pada bak penampungan dengan kapasitas 330 liter didapat total air yang tertampung sebesar 36.035 liter/tahun. Berdasarkan total volume air yang tertampung dapat menghemat penggunaan air PDAM setiap tahunnya. Material yang digunakan sebagai penampung air hujan terbuat dari *fiber-reinforced plastic* (FRP), karena material ini mudah ditemukan, lebih murah dan lebih ringan, serta tidak memerlukan proses finishing yang besar. Perawatannya tidak terlalu rumit dan mudah dipindahkan. Kapasitas bak penampungan air hujan dipasaran tidak tersedia dengan ukuran 330 liter, sehingga dapat menggunakan ukuran bak tampungan air hujan yang mendekati yaitu kapasitas 350 liter. Kapasitas tersebut digunakan untuk merealisasikan ukuran yang sesuai dengan kapasitas yang tersedia dipasaran.

Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya penampungan air hujan menggunakan filter sederhana diaplikasikan pada rumah dengan luas atap yang digunakan untuk menangkap air hujan sebesar 25 m². Analisis biaya yang dilakukan untuk membandingkan biaya alternatif dalam upaya konservasi sumber daya air.

Konservasi sumber daya air ini merupakan penghematan dan penggunaan air kembali (Malik 2016).

Adapun rencana biaya instalasi filter sederhana dengan penampungan air hujan disajikan dalam Tabel 10.

Tabel 10 Rancangan Anggaran Biaya Instalasi Filter Sederhana

No	Material	Jumlah	Satuan	Harga (Rp)
Instalasi Filter Sederhana				
1	Pipa PVC D3"	1	m	45.000
2	Spon	1	m3	17.000
3	Ijuk	1	Kg	8.000
4	Batu Zeolit	1	L	4.000
5	GAC	2	Kg	7.000
6	Kapas	0,5	Kg	8.000
7	Kerikil kecil	0,5	Kg	5.500
8	Kerikil besar	0,5	Kg	8.000
9	Pasir Halus	0,5	L	9.500
10	Pasir kasar	0,5	L	3.000
11	Penambahan zeolit, kerikil, pasir, GAC per tahun			22.200
12	Pergantian kapas, spon, ijuk pertahun			198.000
Subtotal Harga				335.200
Instalasi Penampungan + Perpipaan				
9	Tangki Air (330 L)	1	Buah	600.000
10	Pompa (Total Head max 33 m)	1	Buah	350.000
11	Pipa PVC D1"	3	Buah	90.000
12	Sambungan	5	Buah	10.000
Subtotal Harga				1.050.000
Total Harga				1.385.200

Berdasarkan rancangan anggaran biaya filter sederhana yang disajikan pada Tabel 10, total biaya yang dibutuhkan dalam instalansi filter sederhana dan penampungan air hujan sebesar Rp 1.385.200. Pergantian filter yang dilakukan dengan mengganti komponen media filter selama 6 sampai 12 bulan sekali. Hal tersebut tidak digunakan sebagai acuan, apabila warna air sudah mulai keruh sebelum 6 bulan, maka harus dilakukan pergantian filter. Penggunaan air hujan untuk pemenuhan 50% total kebutuhan air domestik dengan biaya Rp 1.385.200 dapat menghemat air PDAM 36.035 liter setiap tahunnya. Biaya pemasangan sambungan baru pipa PDAM Kota Bogor sebesar Rp 1.488.500 dengan kategori K3B (rumah tangga), sehingga biaya dalam instalasi filter sederhana dan

penampungan air hujan menggunakan biaya instalasi yang lebih rendah sebesar Rp 103.300. Biaya tersebut lebih murah dibandingkan dengan pemasangan pipa baru PDAM. Air hujan yang tertampung di bak penampungan dialirkan menuju rooftank dengan menggunakan pompa air. Hal tersebut bertujuan untuk memenuhi 50% kebutuhan air domestik menggunakan air yang telah difilter. Namun, pemanfaatan air hujan yang ditampung bisa langsung digunakan untuk menyiram tanaman atau mencuci kendaraan secara langsung dari bak penampungan. Pergantian media filter dilakukan selama 6 sampai 12 bulan sekali, namun apabila warna air sudah mulai keruh sebelum 6 bulan, maka harus dilakukan pergantian filter. Pembersihan media filter dilakukan secara manual minimal 1 minggu setelah

operasi, dan alirkan air dari bawah ke atas dengan kecepatan air yang cukup besar di dalam pipa filter sampai lapisan filter terangkat, sehingga kotoran yang ada didalam pipa filter terangkat ke atas. Selanjutnya air kotor yang terangkat ke atas dialirkan keluar dengan dipompa sampai air yang keluar menjadi bersih. Adapun biaya pompa per tahun disajikan dalam Tabel 11.

Tabel 11 Biaya Pompa per Tahun

Kriteria	Nilai	Satuan
Kebutuhan Air	330	L/Hari
Debit Pompa (Max)	33	L/menit
Daya	250	Watt
Lama Waktu Pengaliran Per Hari (menit)	10	menit
Jumlah Hari Penampungan Air Kosong	163	Hari
Jumlah Hari Air Tersedia	202	Hari
Total Daya Selama Per Tahun	8,42	kWh
Harga Listrik Per kWh	1.352	Rupiah/kWh
Total Biaya Listrik Pompa Per Tahun	11.379	Rupiah

Berdasarkan biaya pompa per tahun yang disajikan pada Tabel 11, total biaya pompa per tahun untuk kebutuhan air domestik sebesar 50% dengan penampungan air hujan hasil filtrasi sebesar Rp 11.379/tahun. Harga satuan air per m³ jika rumah termasuk kedalam golongan tarif K3B (rumah tangga di perumahan menengah ke atas), berdasarkan Permendagri No. 71 tahun 2016 adalah Rp 8.200/m³. Biaya pengeluaran menggunakan air PDAM pada kebutuhan air domestik sebesar Rp 600.000/tahun, sehingga dapat menghemat pengeluaran biaya sebesar Rp 588.621/tahun. Berdasarkan modul penampungan air hujan (PAH) Kementerian PU, pemeliharaan

penampungan air hujan yang dilakukan dengan cara pemeliharaan harian atau mingguan, pemeliharaan bulanan, dan pemeliharaan tahunan. Pemeliharaan bak penampungan air hujan harus dikuras sekurang-kurangnya 1 kali dalam 2 bulan pada awal musim hujan dengan cara menguras dan permukaan dinding baidan dalam dan dasar dibersihkan dengan cara disikat. Pembersihan media saringan filter minimum satu bulan. Pemeliharaan tahunan dilakukan dengan membuang air dalam PAH selama 10 menit pertama saat hujan turun. Pengecakan dilakukan pada bak penampungan air hujan apabila terdapat kebocoran atau keretakan serta kebersihan dalam bak penampungan air hujan.

KESIMPULAN

Volume ketersediaan rata-rata air hujan yang dapat ditampung pada bak penampungan air hujan sebesar 155,31 liter/hari. Faktor kehilangan air akibat limpasan sebesar 20%. Kapasitas bak penampungan air hujan yang digunakan adalah 330 liter dengan kapasitas debit filter yang masuk sebesar 0,047 liter/detik.

Susunan filter yang digunakan tersusun dari atas ke bawah meliputi spon dan kapas, zeolit, spon dan ijuk, GAC (*Granular Activated Carbon*), spon dan ijuk, kerikil kecil, pasir kasar, pasir halus, kerikil besar, serta spon dan kapas yang telah ditentukan ketinggiannya. Kualitas air hujan di Kota Bogor sebelum dan sesudah melalui filter dapat dikategorikan sebagai baku mutu air kelas II yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan domestik rumah tangga.

DAFTAR PUSTAKA

Abdulla FA., Al-Shareef AW. 2009. Roof rainwater harvesting systems

- for household water supply in Jordan. *Desalination*. 243: 195-207.
- Alamsyah S. 2006. Perakitan Alat Penjernihan Air Untuk Rumah Tangga. Jakarta (ID): Kawan Pustaka.
- Bhim S, Deepak R, Amol V, Jitendra S. 2012. Probability analysis for estimation of annual one day maximum rainfall of Jhalarapatan area of Rajasthan, India. *Plant Archives*. 12(2): 1093-1100. ISSN: 0972-5210.
- Budi H. 2010. Teknik pemanenan air hujan sebagai alternative upaya penyelamatan sumberdaya air si wilayah DKI Jakarta. *Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca*. 11(2):29-39.
- Despins C. 2012. *Guidelines for Residential Rainwater Harvesting Systems*. Canada (CA): University of Guelph.
- Harsoyo B. 2011. Teknik pemanenan air hujan (rainwater harvesting) sebagai alternatif upaya penyelamatan sumber daya air di wilayah dki jakarta. *Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca*. 11 (2): 29-39.
- Henri F, Achmad M. 2015. Efisiensi dimensi tanki PAH dan biaya terhadap PDAM. *Jurnal Konstruksia*. 7(1):54-66.
- Husni M, Nuryanto S. Kajian kualitas air hujan buatan dan kaitannya dengan peningkatan curah hujan. *Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca*. 1(2): 179-186.
- Ichsan Z. 2020. Rancangan Sistem Pemanenan Air Hujan Untuk Rumah Toko di Kecamatan Kuta Alam Kota Banda Aceh [Skripsi]. Banda Aceh (ID): Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam.
- Ihsan M. 2016. Perancangan sistem zero runoff di kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Imam S, Bochari, Suwondo, Jacky A. 2017. Pemanfaatan pemanenan air hujan skala individu untuk kebutuhan air bersih pada pulau kecil. *Jurnal Logic*. 17(1):9-15.
- Karolita M, Koesmartadi CH. 2013. Teknologi pemanenan air hujan pada perancangan arsitektur rumah tinggal Heinz Frick. *Jurnal Tesa Arsitektur*. 11(2): 108-116.
- [KemenPU] Kementerian Pekerjaan Umum. 2009. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 01/PRT/M Tahun 2009 tentang Penyelenggaraan SPAM Bukan Jaringan Perpipaan. Jakarta (ID): Kementerian Pekerjaan Umum.
- Klinder J, Russel CS. 1984. *Modeling Water Demands*. London (UK): Academic Press Inc.
- Las T. 2007. *Potensi Zeolit Untuk Mengolah Limbah Industri dan Radioaktif*. Jakarta (ID): Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-Badan Teknologi Nuklir Nasional.
- Malik YS, Suprayogi I, Asmura J. 2016. Kajian pemanenan air hujan sebagai alternatif pemenuhan air baku di kecamatan bengkalis. *Jurnal Jom F Teknik*. 3(2): 1-13.
- McCuen H. 1998. *Hydrologic Analysis and Design*. New Jersey (US). Prentice hall PTR.
- Metcalf E. 2004. *Wastewater Engineering*. New York (US): Mc Graw Hill International Edition.
- Mugiyantoro A, Rekinagara I H, Primaristi C D, Soesilo J. 2017. Penggunaan Bahan Alam Zeolit, Pasir Silika, dan Arang Aktif Dengan Kombinasi Teknis Shower dalam Filterisasi FE, MN, dan MG Pada Air Tanah di UPIN

- “Veteran” Yogyakarta [Seminar]. Yogyakarta (ID): UPIN Veteran.
- Novia AA, Nadesya A, Harliyanti DJ, Ammar M, Arbaningrum R. 2019. Alat pengolahan air baku sederhana dengan sistem filtrasi. *Widyakala*. 6(1): 12-20.
- Pangestu RW. 2014. Perancangan teknologi penampung air hujan skala unit rumah di kawasan lingkaran kampus IPB Dramaga [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- [PP RI] Peraturan Pemerintah. 2001. Pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air Peraturan Pemerintah nomor 82 tahun 2001. Jakarta (ID): Presiden Republik Indonesia.
- [Permendagri] Peraturan Kementerian Dalam Negeri. 2016. Perhitungan dan Penetapan Tarif Air Minum. Peraturan Kementerian Dalam Negeri Nomor 71 tahun 2016. Jakarta (ID): Presiden Republik Indonesia.
- Putra TR. 2018. Perancangan dan Pemanfaatan Penampung Air Hujan Skala Unit Rumah Di Perumahan Alam Sinar Sari Dramaga [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sriharto BR. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta (ID): Gramedia Pustaka Utama.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta (ID): ANDI.
- Sutanto T. 2013. *Keajaiban Terapi Air putih*. Yogyakarta (ID): Buku Pintar.
- Sutisna S, Saryati S, Sugeng B, Ihsan M, Wardiyati S, Istanto, Husen, Saleh H. 2002. Penerapan arang aktif dan zeolite untuk sistem pemurnian air minum. Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan 2002 22-23 Oktober 2002. 270-275.
- Triatmojo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta (ID): Universitas Gadjah Mada.
- Untari T, Kusnandi J. 2015. Pemanfaatan air hujan sebagai air layak konsumsi di Kota Malang dengan metode modifikasi filtrasi sederhana. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3(4): 1492-1502.
- Vitasari Z. 2020. Perancangan Sistem Penampung Air Hujan Skala Rumah Tangga di Dusun Cikadu Desa Cipamingkis Kecamatan Cidolog Kabupaten Sukabumi [Skripsi]. Jakarta (ID): Universitas Pertamina.
- Wijaya HK, Prastowo, Sapei A, Pandjaitan NH. 2014. Analisis kriteria rancangan hidraulika pada pemanfaatan air limpasan untuk air baku di kawasan perumahan. *Jurnal Teknik Hidraulik*. 5(1):1-98.
- Yulius E. 2014. Analisa curah hujan dalam membuat kurva intensity duration frequency (IDF) pada das Bekasi. *Jurnal Bentang*. 2(1): 1-8.