



Perencanaan Sistem Pemanenan Air Hujan Sebagai Teknologi Alternatif Penyediaan Air Bersih di Kawasan Pemukiman Kepadatan Tinggi

Planning of Rainwater Harvesting Systems as an Alternative Technology for Providing Clean Water in High-Density Residential Areas

MILA DIRGAWATI*, MOHAMAD RANGGA SURURI, YANTI SUSANTI RIDWAN

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Bandung,
Jl. PHH Mustofa No. 23, Bandung, Indonesia 40124

*mila.dirgawati@itenas.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received 22 February 2023

Accepted 3 April 2024

Published 31 July 2024

Keywords:

rainwater harvesting

clean water

high population density areas

ABSTRACT

Rainwater harvesting system (RWH) is a technology to collect and store rainwater as an alternative clean water source. The aim of this study to plan RWH, including determining strategies, feasibility analysis based on rainwater quality and quantity, and planning basic engineering design of RWH. The planning was carried out in Jelegong Village, Bandung Regency, an area with critical water catchment conditions that has not been served by clean water piping networks, and only uses groundwater with limited availability as the only source of water in the dry season. Primary data were collected through field surveys and sampling of rainwater quality in the early rainy period (September, 2022). The selected catchment area is the roof surface of the house. In terms of quantity, with 55 houses served, the potential rainwater supply ($4,318.88 \text{ m}^3 / \text{year}$) can meet the needs of non-drinking water use ($2,369.65 \text{ m}^3 / \text{year}$) such as bathing activities, toilet needs, and laundry activities. In terms of quality, rainwater color parameters have not met the quality of clean water based on Permenkes 32/2017. Communal RWH is planned due to limited land and high population density. The collected rainwater will go through a disinfection and filtration process to meet clean water quality standards, then be stored in ground tanks (70 m^3) and roof tanks (5 m^3) to be distributed to each house. Thus, the planned RWH is able to provide alternative sources of clean water for communities in the Jelegong Village area.

INFORMASI ARTIKEL

Histori artikel:

Diterima 22 Februari 2023

Disetujui 3 April 2024

Diterbitkan 31 Juli 2024

Kata kunci:

pemanenan air hujan

air bersih

daerah kepadatan tinggi

ABSTRAK

Sistem pemanenan air hujan (SPAH) merupakan teknologi mengumpulkan dan menampung air hujan untuk sumber air bersih alternatif. Tujuan penelitian ini adalah melakukan perencanaan SPAH mencakup penentuan strategi, analisis kelayakan berdasarkan kualitas dan kuantitas air hujan, dan perencanaan *basic engineering design* SPAH. Perencanaan dilakukan di Desa Jelegong Kabupaten Bandung, yaitu wilayah dengan kondisi resapan air yang kritis, belum terlayani jaringan perpipaan air bersih, dan hanya menggunakan air tanah dengan ketersediaan yang terbatas sebagai satu-satunya sumber air pada musim kemarau. Data primer dikumpulkan melalui survei lapangan dan sampling kualitas air hujan pada periode awal hujan (September, 2022). Daerah tangkapan air terpilih adalah permukaan atap rumah. Secara kuantitas, dengan 55 rumah yang dilayani, potensi pasokan air hujan ($4.318,88 \text{ m}^3/\text{tahun}$) dapat memenuhi kebutuhan penggunaan air non-minum ($2.369,65 \text{ m}^3/\text{tahun}$) seperti aktivitas mandi dan keperluan WC, dan kegiatan mencuci pakaian. Secara kualitas, parameter warna air hujan belum memenuhi kualitas air bersih berdasarkan Permenkes 32/2017. SPAH komunal diimplementasikan karena lahan terbatas dan tingkat kepadatan penduduk tinggi. Air hujan yang dikumpulkan akan melalui proses desinfeksi dan filtrasi sehingga memenuhi baku mutu air bersih, kemudian disimpan pada *ground tank* (70 m^3) dan *roof tank* (5 m^3) untuk didistribusikan ke setiap rumah. Dengan demikian, SPAH yang direncanakan mampu menyediakan sumber air bersih alternatif bagi masyarakat di wilayah Desa Jelegong.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan sumber daya yang sangat penting dalam kehidupan. Karena itu, akses terhadap air bersih dan terjangkau merupakan salah satu hak dasar bagi manusia. *Driving force* (faktor pemicu) terhadap kondisi sumber daya air adalah oleh faktor demografi, ekonomi, dan sosial. Sementara, laju pertumbuhan penduduk yang cepat dan jumlah penduduk yang terus meningkat merupakan tekanan bagi sumber daya air permukaan karena akan meningkatkan kebutuhan air dan potensi pencemaran sumber daya air (Sururi *et al.*, 2021; Sururi *et al.*, 2023; Dirgawati *et al.*, 2021). Penurunan kualitas dan ketersediaan sumber daya air dapat menyebabkan krisis air sehingga terjadi pengurangan akses terhadap air bersih yang aman dan terjangkau. Pada sisi lain pelayanan sistem perpipaan melalui Perusahaan Umum Daerah Air Minum (PERUMDAM) juga belum menjangkau seluruh wilayah perkotaan, bahkan belum memenuhi syarat kualitas, kuantitas, dan kontinuitas. Sistem perpipaan distribusi yang tersedia bahkan masih mengalami kebocoran yang melebihi standar yang ditentukan (Sukmawardani *et al.*, 2021). Dengan demikian, diperlukan upaya untuk konservasi sumber daya air, efisiensi pemakaian air yang tersedia, dan penggunaan alternatif sumber air bersih selain air permukaan dan air tanah.

Air hujan merupakan air yang bisa didapatkan secara gratis tetapi pemanfaatannya masih belum optimal (Rahmayanti & Soewondo, 2015). Padahal secara kuantitas, air hujan dapat menjadi sumber air yang bisa dimanfaatkan untuk keperluan rumah tangga, kebutuhan air minum, keperluan irigasi, hingga digunakan untuk mengisi ulang air tanah (Gohel *et al.*, 2020). Sistem pemanenan air hujan (*rainwater harvesting*) merupakan sebuah teknologi alternatif yang memanfaatkan air hujan sebagai sumber air bersih dengan menggunakan atap bangunan sebagai media pengumpulannya yang selanjutnya air hujan tersebut disimpan dalam bak penampung sehingga nantinya dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari (Rahmayanti & Soewondo, 2015). Sistem pemanenan air hujan telah dipertimbangkan sebagai sumber air alternatif baik untuk keperluan *potable* (minum) dan keperluan *non-potable* seperti irigasi, *toilet flushing*, mandi, mencuci kendaraan, dan pakaian (Ahmed & Toze, 2015). Beberapa hal yang penting pada sistem pemanenan air hujan di antaranya adalah besar pasokan air hujan yang dapat ditampung, besar kebutuhan air bersih, besar volume tangki penyimpanan, kualitas air hujan, dan sebagainya. Kualitas air hujan berhubungan langsung dengan kondisi atmosfer serta kualitas bahan yang digunakan untuk permukaan dari bidang *catchment*, talang, dan tangki penyimpanan (Ariyananda, 1999). Apabila suatu daerah memiliki kondisi atap atau *catchment area* yang bersih, kuat, dan terbuat dari bahan yang aman maka air hujan yang diperoleh biasanya memiliki kualitas yang baik dan tidak membutuhkan banyak pengolahan (Krisnayanti *et al.*, 2019).

Indonesia, pada saat ini belum dapat memenuhi kebutuhan air domestik secara keseluruhan dan berdasarkan data Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, hanya 72% akses air bersih yang sudah tercapai hingga akhir tahun 2019. Berdasarkan data Badan Nasional

Penanggulangan Bencana (BNPB), pada tahun 2018 terdapat 5 provinsi di Indonesia dengan ketersediaan sumber daya air yang terbatas sehingga mengalami kekeringan terbanyak yaitu Jawa Tengah, Jawa Barat, Nusa Tenggara Timur, Jawa Timur, dan Nusa Tenggara Barat (Widya *et al.*, 2019). Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas) tahun 2020 mencatat Indonesia telah mencapai 90,2% akses air minum layak yaitu air minum yang bersumber dari sumur terlindungi ataupun mata air terlindungi yang lokasi sumbernya di luar rumah (*off-premises*) maupun di halaman rumah (*on-premises*) (BPS, 2021; Bappenas, 2019). Sementara capaian akses air minum aman atau air yang telah memenuhi baku mutu air minum serta di halaman rumah atau telah memenuhi unsur kualitas, kuantitas, kontinuitas dan keterjangkauan baru mencapai 11,9% (BPS Indonesia, 2021; Bappenas, 2019). Di Provinsi Jawa Barat khususnya Kabupaten Bandung termasuk ke dalam area dengan kondisi air bersih yang tidak aman dan dalam kategori kemiskinan air yang cukup tinggi dilihat dari angka Indeks Kemiskinan Air yaitu 38,79 dari skala 100 (Maulani *et al.*, 2013). Kondisi Resapan air di Kabupaten Bandung, khususnya di Desa Jelegong Kecamatan Kutawaringin termasuk dalam kategori sangat kritis (Oktavian, 2021), yang menunjukkan daerah tersebut tidak mempunyai kemampuan meresapkan air hujan untuk menjadi tempat pengisian air bumi (akifer) sebagai sumber air. Berdasarkan data PDAM Tirta Raharja, Desa Jelegong belum terlayani oleh jaringan PDAM. Dengan adanya keterbatasan dalam mendapatkan sumber air bersih di desa tersebut warga setempat terpaksa harus mengambil air bersih yang ada di area lain. Akan tetapi, Desa Jelegong memiliki curah hujan rata-rata tahunan dalam rentang 10 tahun (2011-2020) sebesar 1.927,1 mm. Curah hujan tersebut cukup tinggi dan memperlihatkan bahwa ada potensi sumber daya air lain yaitu air hujan yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber air bersih. Jika curah hujan melimpah di area Desa Jelegong dapat dimanfaatkan dengan baik, hal ini akan membantu mengatasi permasalahan kelangkaan air yang sedang dialami, dan dalam jangka panjang pemanfaatan air hujan di area ini akan mengurangi tekanan pada sistem pasokan air bersih.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah melakukan perencanaan penyediaan sumber air bersih tambahan berupa sistem pemanenan air hujan (SPAH) sebagai teknologi alternatif dalam penyediaan air bersih di Desa Jelegong, Kecamatan Kutawaringin, Kabupaten Bandung.

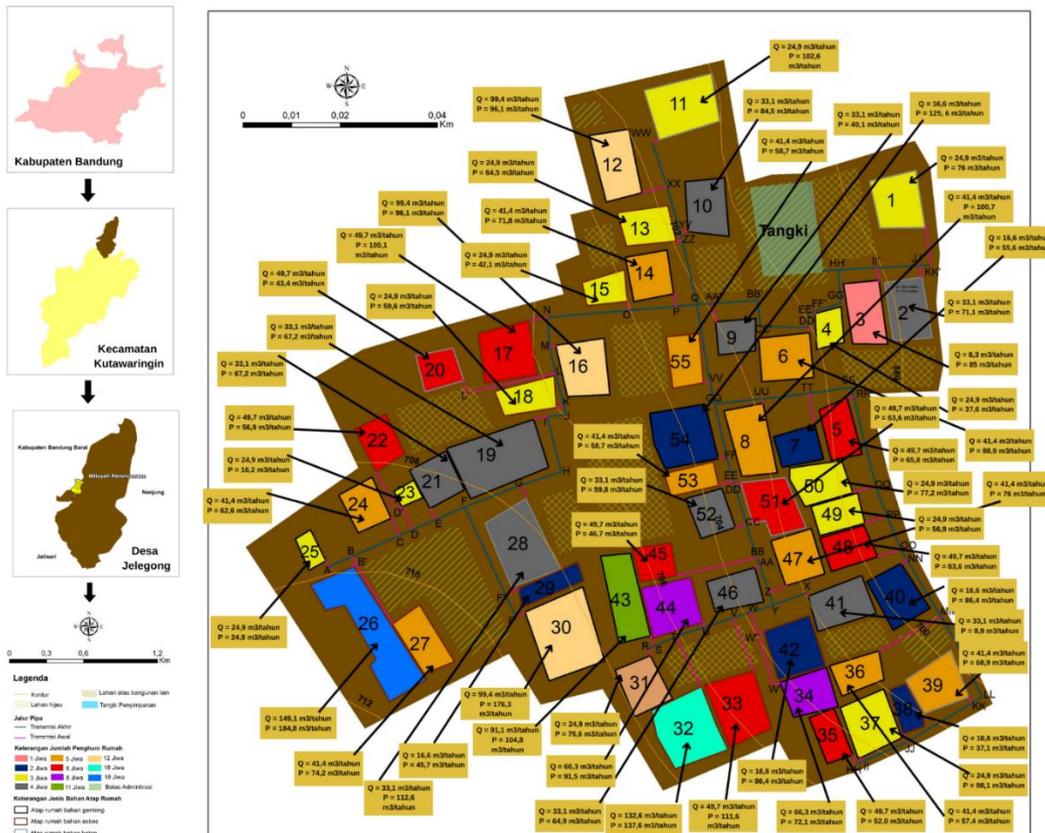
2. METODE

2.1 Wilayah Studi

Perencanaan sistem pemanenan air hujan (SPAH) ini berlokasi di RT 002 RW 017 Desa Jelegong, Kecamatan Kutawaringin, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat seperti terlihat pada Gambar 1. Secara geografis, Desa Jelegong terletak pada posisi -6.95591 LS 107.52531 BT dengan luas wilayah Desa Jelegong adalah 3,60 km², dengan jumlah penduduk di wilayah perencanaan sebanyak 286 jiwa dan terdiri dari 55 rumah. Menurut data BPS Kabupaten Bandung tahun 2022, pada tahun 2021 kepadatan penduduk Kecamatan Kutawaringin adalah sebesar 2.326 jiwa/km².

Akan tetapi, kepadatan penduduk Desa Jelegong adalah sebesar 5.018 jiwa/km², melebihi angka kepadatan penduduk rata-rata untuk Kecamatan Kutawaringin. Desa Jelegong merupakan desa dengan kekurangan air bersih tertinggi dibandingkan dengan desa lain di Kecamatan Kutawaringin, dilihat dari banyaknya jumlah sarana air bersih yang dibutuhkan dibandingkan dengan desa lainnya (Kaniawati, 2019). Sumber air bersih di wilayah perencanaan hanya berasal dari air tanah yang berupa sumur gali (sumur timba/sumur pompa) dan sumur bor. Selain itu, Desa Jelegong belum terlayani oleh jaringan PDAM. Secara

kualitas, air bersih di wilayah perencanaan terkadang berwarna khususnya pada musim kemarau, sedangkan secara kuantitas dan kontinuitas, air bersih di wilayah perencanaan sering tidak tersedia khususnya pada musim kemarau atau saat tidak ada hujan sehingga solusi yang sudah dilakukan oleh masyarakat setempat adalah dengan membeli air bersih untuk memenuhi kebutuhan air bersihnya. Desa Jelegong memiliki besar curah hujan rata-rata tahunan dalam rentang 10 tahun (2011-2020) sebesar 1.927,1 mm. Tata guna lahan di Desa Jelegong terdiri dari sawah, perkebunan, ladang, dan permukiman.



Gambar 1. Wilayah Perencanaan, Debit Pasokan Air Hujan dan Kebutuhan Air Bersih untuk Setiap Rumah (dalam m³/tahun)

2.2 Pengukuran Kualitas Air Hujan

Analisis kualitas air hujan dilakukan untuk mengetahui kualitas air hujan yang akan digunakan sebagai air bersih dan menentukan unit pengolahan air bersih yang dibutuhkan. Sampel air hujan dikumpulkan pada musim hujan (30 September 2022) dari atap rumah warga berbahan asbes secara acak dengan tata cara pengambilan sampel mengacu pada SNI 6989.57-2008 tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Permukaan. Analisis kualitas air hujan dilakukan pada tanggal 1 Oktober 2022 di Laboratorium PT. Anugrah Jaya Internasional yang berlokasi di Kota Bandung. Hasil pengukuran dibandingkan dengan PerMenkes 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum. Pengukuran kualitas air hujan ini dilakukan secara triplo dengan parameter yang diukur adalah bau, warna, total zat padat terlarut (TDS), kekeruhan, suhu, pH, dan besi dengan menggunakan alat seperti TDS meter, pH meter, dan DR900 Multiparameter Portable Colorimeter.

2.3 Penentuan Strategi SPAH

Strategi SPAH yang akan direncanakan harus sesuai dengan kondisi eksisting wilayah perencanaan. Oleh karena itu, strategi perencanaan SPAH ditentukan dengan mempertimbangkan 5 komponen yaitu (1) jenis catchment area, (2) penempatan tangki penyimpanan, (3) bahan tangki penyimpanan, (4) sistem pengumpulan air hujan, dan (5) sistem pengolahan air hujan.

2.4 Perhitungan Potensi Pasokan Air Hujan

Perhitungan pasokan air hujan digunakan untuk mengetahui besar air hujan yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih. Dalam perhitungan pasokan air hujan diperlukan data curah hujan, luas atap rumah sebagai catchment area, dan koefisien limpasan atap. Data curah hujan untuk 10 tahun (2011-2020) diperoleh dari Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. Perhitungan luas catchment area didapatkan dari hasil digitasi melalui Google Earth. Pada wilayah perencanaan terdapat tiga jenis bahan atap rumah yang digunakan yaitu berbahan genteng

sebanyak 32 rumah, atap berbahan asbes sebanyak 16 rumah, dan atap berbahan beton sebanyak 7 rumah. Besar koefisien limpasan untuk atap jenis genteng adalah 0,75 – 0,90, atap jenis asbes adalah 0,70 – 0,85, dan atap jenis beton adalah 0,60 – 0,70 (CGWB, 2007; Krisnayanti et al., 2019). Adapun persamaan yang digunakan dalam menghitung pasokan air hujan adalah seperti di bawah ini (Worm & Hattum, 2006).

$$S = R \times A \times Cr \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- S = Rata-rata air hujan yang dapat ditampung dalam setahun (m³/tahun)
- Cr = Koefisien limpasan
- A = Luas *catchment area* (atap rumah) (m²)
- R = Curah hujan rata-rata tahunan (m/tahun)

2.5 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih masyarakat di wilayah perencanaan dihitung berdasarkan data jumlah penghuni rumah dan besar pemakaian air bersih. Total jumlah penghuni rumah dalam perencanaan ini adalah 286 jiwa, sedangkan data pemakaian atau kebutuhan air bersih per orang untuk setiap kegiatan mengacu pada kebutuhan air bersih untuk area perkotaan menurut Soemirat (2011) yang mencakup kegiatan mandi dan keperluan WC, mencuci pakaian, wudhu, kebersihan rumah, dan lain-lain seperti terlihat pada Tabel 3. Persamaan yang digunakan untuk menghitung kebutuhan air bersih adalah sebagai berikut (Worm and Hattum, 2006).

$$Q_{md} = q \times n \times 365 \text{ hari} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- Q_{md} = Kebutuhan air bersih (liter/tahun)
- q = Kebutuhan pemakaian air (liter/org/hari)
- n = Jumlah penghuni rumah (org)

Tabel 1. Kebutuhan Air Bersih untuk Perkotaan

Kebutuhan Air Bersih (liter/org/hari)	
Kegiatan	Soemirat (2011)*
Mandi dan Keperluan WC	12
Mencuci pakaian	10,7
Wudhu	16,2
Kebersihan rumah	31,4
Lain-lain	21,7
Total	92

Keterangan:

*Kamil & Soemirat, 1989

2.6 Analisis Kelayakan SPAH berdasarkan Kualitas dan Kuantitas Pasokan Air Hujan

Kelayakan teknis perencanaan SPAH dilihat dari segi kualitas dan kuantitas (Schiller & Latham, 1986). Kelayakan teknis secara kualitas, kualitas air hujan dapat digunakan untuk keperluan aktivitas domestik atau memenuhi baku mutu PerMenkes 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu

Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum. Jika terdapat parameter yang masih belum memenuhi baku mutu, maka diperlukan suatu sistem pengolahan untuk air hujan tersebut. Kelayakan teknis secara kuantitas ditentukan dengan memeriksa apakah potensi pemanenan air hujan tahunan di Desa Jelegong mampu memenuhi kebutuhan air tahunan. Oleh karena itu, SPAH dinyatakan layak jika besar pasokan air hujan yang lebih besar dibandingkan dengan kebutuhan air bersihnya. Jika tangkapan air hujan tidak dapat memenuhi sebagian kebutuhan air maka akan dilakukan pengurangan atau penghilangan penggunaan air untuk kebutuhan tertentu.

2.7 Basic Engineering Design SPAH

Perencanaan *basic engineering design* SPAH terdiri dari perhitungan volume tangki penyimpanan, penentuan spesifikasi tangki penyimpanan, penentuan spesifikasi talang pipa dan jalur perpipaan, dan penentuan sistem pengolahan air hujan.

2.7.1 Penentuan Spesifikasi Talang Pipa dan Jalur Perpipaan

Penentuan spesifikasi talang air dan pipa air hujan ini meliputi bahan talang dan pipa yang akan dipilih, jumlah talang dan pipa, diameter dari talang dan pipa, panjang talang dan pipa yang akan digunakan, serta aksesoris perpipaan lainnya. Penentuan diameter pipa mengacu pada SNI 8153:2015 tentang sistem plambing pada bangunan gedung yang dilihat berdasarkan luasan atap dan intensitas hujannya. Jalur perpipaan dibuat untuk memberikan gambaran terkait pengumpulan atau penyaluran air hujan yang mana dilakukan secara komunal karena wilayah perencanaan memiliki lahan yang terbatas sehingga tidak memungkinkan jika dilakukan secara individual. Hal yang dipertimbangkan dalam penentuan jalur perpipaan ini di antaranya adalah jalur jalan, elevasi, luas wilayah, dan jenis pipa.

2.7.2 Penentuan Volume dan Spesifikasi Tangki Penyimpanan

Perhitungan volume tangki penyimpanan dapat dilakukan dengan metode analisis kurva massa (Schiller & Latham, 1986). Perhitungan volume tangki penyimpanan dengan metode ini dilakukan beberapa langkah yaitu menghitung besar curah hujan bulanan (MR), pasokan air hujan bulanan (MS), besar kebutuhan air bulanan (MD), besar kumulatif dari pasokan air hujan (CS), besar kumulatif kebutuhan air bersih bulanan (MD), jumlah air yang tersimpan/dikeluarkan dari tangki (MAS), besar kumulatif dari air yang tersimpan/dikeluarkan dari tangki (TAS) hingga besar volume tangki penyimpanan yang dibutuhkannya (RTV). Besar volume tangki penyimpanan didapatkan dengan cara mengurangi data jumlah terbesar yang disimpan selama musim hujan (TAS tertinggi musim hujan) dengan jumlah paling sedikit yang disimpan selama musim kemarau (TAS terendah musim kemarau). Hasil pengurangan atau selisihnya merepresentasikan besar volume tangki penyimpanan yang diperlukan untuk tahun tertentu. Selisih yang paling besar dari perhitungan pengurangan tersebut merupakan ukuran dari tangki penyimpanan.

Spesifikasi tangki penyimpanan disesuaikan dengan kondisi eksisting wilayah perencanaan. Penentuan spesifikasi tangki penyimpanan ini meliputi jenis bahan tempat penampungan air hujan seperti plastik, logam, pasangan bata, beton, *fiberglass*, dan/atau lain-lain, komponen pelengkap seperti *manhole* dan pipa peluap, serta penempatan tangki penyimpanan.

2.7.3 Penentuan Sistem Pengolahan Air Hujan

Sistem pengolahan terhadap air hujan diperlukan jika air hujan di wilayah perencanaan memiliki parameter kualitas air yang tidak memenuhi baku mutu PerMenkes 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum. Berdasarkan beberapa literatur terdapat beberapa alternatif sistem pengolahan terhadap air hujan yang dapat digunakan di antaranya adalah *membrane filtration* dan filtrasi sederhana dilihat dari biaya yang cukup rendah, material yang mudah didapatkan, dan kemudahan dalam proses pembuatannya (Hamilton et al., 2019; Untari & Kusnadi, 2014).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Kelayakan SPAH

3.1.1 Analisis Kualitas Air Hujan

Data hasil pengukuran kualitas air hujan dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil analisis yaitu terdapat 6 parameter yang memenuhi standar baku mutu PerMenkes 32 Tahun 2017 yaitu parameter suhu, bau, kekeruhan, TDS, pH, dan besi; dan satu parameter yang tidak memenuhi standar baku mutu yaitu warna. Hal ini disebabkan air hujan yang dianalisis merupakan air hujan yang sudah mengenai atap rumah yang berbahan asbes. Warna dalam air dapat pula disebabkan oleh adanya bahan organik dan bahan anorganik pada air (Wahyudi & Aini, 2021). Pengukuran kualitas air hujan pada

penelitian ini dilakukan pada bulan September 2022. Gambar 2, dan laporan BMKG (<https://www.bmkg.go.id>, 14 Maret 2024) secara berturut – turut menunjukkan bulan September tahun 2019 – 2022 merupakan periode awal musim hujan. Periode awal hujan ini dapat membawa material debu ataupun kotoran yang menempel dan terkumpul di atas atap selama musim kemarau.

Tabel 2. Kualitas Air Hujan

Jenis Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu	Hasil Pengukuran	Keterangan
a. Parameter Fisik				
Suhu	°C	Suhu udara ± 3	27,9	Memenuhi
Bau		Tidak berbau	Tidak berbau	Memenuhi
Warna	TCU	50	181	Tidak Memenuhi
Kekeruhan	NTU	25	18	Memenuhi
Total zat padat terlarut	mg/l	1000	36,33	Memenuhi
b. Parameter Kimia				
pH		6,5 – 8,5	7,2	Memenuhi
Besi	mg/l	1	0,22	Memenuhi

Sumber: Hasil Analisis, 2022

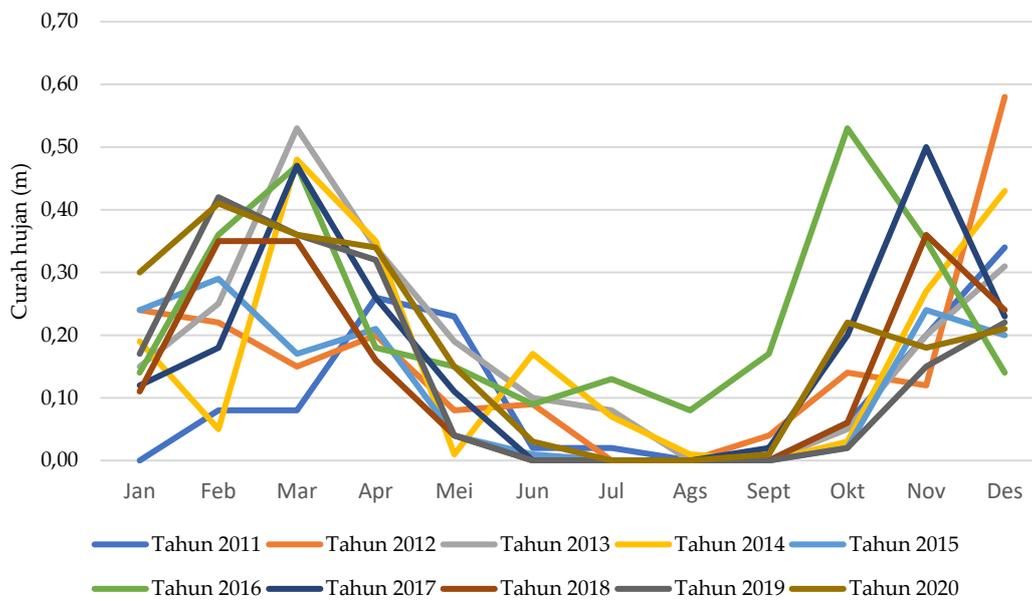
3.1.2 Potensi Pasokan Air Hujan

Luas atap setiap rumah berkisar antara 11,2 m² hingga 125 m², dan diperoleh total *catchment area* atau total luas atap rumah adalah 3.144,90 m². Pada perencanaan SPAH ini diketahui bahwa rata-rata curah hujan tahunan sebesar 1,93 m (Tabel 3, Gambar 2). Dengan menggunakan persamaan 1 dan memakai nilai koefisien limpasan 0,75 untuk atap jenis genteng, 0,70 untuk atap jenis asbes, dan 0,60 untuk atap jenis beton (CGWB, 2007; Krisnayanti et al., 2019) maka diperoleh total pasokan air hujan dalam setahun sebanyak 4.318,88 m³/tahun.

Tabel 3. Curah Hujan Rata-rata per Bulan Tahun 2011 - 2020

Tahun	Curah Hujan (m)									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Jan	0,00	0,24	0,15	0,19	0,24	0,14	0,12	0,11	0,17	0,30
Feb	0,08	0,22	0,25	0,05	0,29	0,36	0,18	0,35	0,42	0,41
Mar	0,08	0,15	0,53	0,48	0,17	0,47	0,47	0,35	0,36	0,36
Apr	0,26	0,20	0,34	0,35	0,21	0,18	0,26	0,16	0,32	0,34
Mei	0,23	0,08	0,19	0,01	0,04	0,15	0,11	0,04	0,04	0,15
Jun	0,02	0,09	0,10	0,17	0,01	0,09	0,00	0,00	0,00	0,03
Jul	0,02	0,00	0,08	0,07	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00
Ags	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
Sept	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,17	0,02	0,00	0,00	0,01
Okt	0,06	0,14	0,05	0,03	0,02	0,53	0,20	0,06	0,02	0,22
Nov	0,20	0,12	0,20	0,27	0,24	0,35	0,50	0,36	0,15	0,18
Des	0,34	0,58	0,31	0,43	0,20	0,14	0,23	0,24	0,22	0,21
Jumlah	1,29	1,86	2,20	2,06	1,42	2,79	2,08	1,68	1,69	2,22
Rata-rata	1,93									

Sumber: Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, (2011-2020)



Gambar 2. Kurva Curah Hujan Tahun 2011 - 2020

3.1.3 Kelayakan SPAH berdasarkan Kualitas dan Kuantitas Pasokan Air Hujan

Kelayakan teknis SPAH selain dilihat dari kualitas air hujannya dilihat pula dari kuantitasnya. Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan 2 dengan memasukan total besar pemakaian atau kebutuhan air bersih sebesar 92 liter/org/hari untuk seluruh kegiatan, maka didapatkan total besar kebutuhan air bersih di wilayah perencanaan adalah 9.395,10 m³/tahun. Angka tersebut melebihi besar pasokan air hujan yang dipanen, sehingga kebutuhan air bersih untuk seluruh kegiatan tidak akan terpenuhi, sehingga perlu memperbesar luasan atap rumah sebagai catchment area-nya atau memperkecil kebutuhan air bersihnya.

Kondisi eksisting wilayah perencanaan menunjukkan tidak memungkinkan menambah pasokan air hujan dengan memperluas *catchment area*, maka yang harus dilakukan adalah memperkecil besar kebutuhan air bersih dengan membatasi peruntukan air bersih. Oleh karena itu, pada perencanaan ini, air hujan yang dipanen akan diperuntukan bagi dua kegiatan utama yaitu mandi dan keperluan WC, dan kegiatan mencuci pakaian. Dengan total besar kebutuhan air bersih untuk kegiatan mandi dan keperluan WC adalah 1.252,68 m³/tahun, dan total besar kebutuhan air bersih untuk kegiatan mencuci pakaian adalah 1.116,97 m³/tahun, maka diperoleh besar total kebutuhan air bersih yang dapat terpenuhi adalah 2.369,65 m³/tahun. Diketahui bahwa besar pasokan air hujan yaitu 4.318,88 m³/tahun lebih besar dari kebutuhan air bersihnya (2.369,65 m³/tahun). Dengan demikian, sumber air baku air bersih berupa air hujan di wilayah Desa Jelegong memenuhi kriteria kelayakan secara teknis.

Wilayah perencanaan SPAH memiliki kualitas air hujan yang memenuhi baku mutu kualitas air bersih untuk keperluan higiene sanitasi menurut PerMenkes 32 Tahun 2017 untuk parameter fisika seperti suhu, bau, kekeruhan, total zat padat terlarut, dan parameter kimia yaitu pH dan besi. Hanya parameter warna yang belum memenuhi baku mutu tersebut

disebabkan air hujan yang dianalisis merupakan air hujan yang sudah mengenai atap rumah yang berbahan asbes.

3.2 Penentuan Strategi SPAH

SPAH dapat diimplementasikan baik secara individual atau komunal. Pada SPAH individual, air hujan dikumpulkan dan dimanfaatkan oleh satu rumah tangga atau keluarga saja. SPAH individual bisa dibuat oleh setiap rumah tangga, sehingga memerlukan biaya pembuatan yang relatif lebih besar. Selain itu, operasi dan pemeliharaan merupakan tanggung jawab pribadi. Sebaliknya, SPAH komunal dibangun untuk melayani kelompok rumah tangga di mana tidak memungkinkan untuk membangun sistem individual di rumahnya masing-masing karena keterbatasan lahan yang tersedia. Pada sistem komunal ini, air hujan dikumpulkan dan dimanfaatkan oleh beberapa atau sekelompok rumah tangga sehingga sesuai untuk rumah yang berkelompok. Sistem ini membutuhkan lahan lebih sedikit dengan biaya konstruksi, pengoperasian dan perawatan relatif lebih murah, dan masyarakat dapat berperan dalam proses perencanaan dan konstruksi.

Strategi perencanaan SPAH mencakup empat komponen yaitu sistem pengumpulan atau pemanenan air hujan, sistem pengumpulan air hujan, sistem penyimpanan air hujan yang dipanen, dan sistem pengolahan air hujan. Pemilihan strategi SPAH disesuaikan dengan kondisi eksisting yang ada di wilayah perencanaan. *Catchment area* di dalam SPAH dapat berupa atap rumah atau permukaan tanah (ADB, 2008). Desa Jelegong sebagai wilayah perencanaan memiliki kepadatan penduduk yang tinggi dan kepadatan rumah yang tinggi seperti dapat dilihat pada Gambar 1. Angka kepadatan penduduk Desa Jelegong adalah sebesar 5.018 jiwa/km², jauh lebih padat dibandingkan dengan kepadatan rata-rata penduduk Kecamatan Kutawaringin (2.326 jiwa/km²), sehingga lahan kosong yang tersedia di wilayah perencanaan sangat terbatas. Dengan demikian, alternatif *catchment area* yang dipilih adalah dengan menggunakan atap rumah karena membutuhkan lahan yang sedikit dibandingkan dengan *catchment area* dengan

menggunakan permukaan tanah. Topografi wilayah perencanaan berkisar antara 698 – 712 mdpl sehingga pengaliran air hujan dari tangki penyimpanan ke wilayah pelayanan memungkinkan untuk dilakukan dengan secara gravitasi. Penempatan tangki penyimpanan dipengaruhi oleh besar kebutuhan tangki dan luas lahan yang tersedia di wilayah perencanaan. Berdasarkan hasil analisis, wilayah perencanaan memiliki lahan kosong yang terbatas (sebesar 140 m²) sehingga penyimpanan air hujan tidak dapat dilakukan secara individual. Dengan mempertimbangkan faktor tersebut di atas dan untuk mengoptimalkan air hujan yang akan ditampung di tangki penyimpanan, maka SPAH komunal yang akan diimplementasikan untuk melayani kebutuhan air bersih di Desa Jelegong.

Pada sistem komunal ini, air hujan yang dipanen melalui atap rumah dikumpulkan dan dialirkan melalui talang air dan pipa tegak masing-masing rumah, kemudian ditransmisikan dengan pipa ke tangki penyimpanan ditempatkan di bawah tanah atau *ground tank* untuk kemudian diolah di unit pengolahan sehingga memenuhi baku mutu air menurut PerMenkes 32 Tahun 2017. Setelah melalui unit pengolahan, air bersih disimpan di tangki penyimpanan atas tanah atau *roof tank* dengan menggunakan pompa, untuk kemudian didistribusikan secara gravitasi ke seluruh rumah tangga yang dilayani. Ketersediaan bahan yang ada di wilayah perencanaan dan kondisi akses jalan di wilayah perencanaan menjadi pertimbangan dalam pemilihan jenis bahan. Bahan atau material yang digunakan untuk *ground tank* yang dipilih adalah pasangan bata bata karena dapat dibuat sesuai ukuran, kedap air, bebas perawatan, dan tidak mudah retak, sedangkan bahan atau material untuk *roof tank* berupa plastik karena murah, ringan, mudah dipasang, dan memiliki daya tahan yang lama. Selain itu, kedua bahan tersebut tersedia di wilayah perencanaan serta akses jalan yang ada di wilayah perencanaan cukup sesuai dengan material yang dipilih sehingga material tersebut dapat dibawa atau diangkut dengan mudah.

Kualitas air hujan di wilayah perencanaan cukup baik karena parameter kualitas air yang diukur telah memenuhi standar baku mutu yang diacu, kecuali parameter warna. Pada perencanaan SPAH ini air hujan diperuntukan sebagai air bersih atau air untuk keperluan aktivitas domestik, tidak untuk air minum. Berdasarkan hal tersebut, sistem pengolahan air hujan yang terpilih adalah dengan sistem filtrasi karena sistem tersebut dapat menurunkan

konsentrasi warna pada air dan sistem tersebut diperkirakan sudah cukup untuk mengolah air hujan menjadi air bersih untuk keperluan aktivitas domestik (tidak untuk air minum). Setelah melalui filtrasi, dilakukan pembubuhan kaporit untuk menghindari pertumbuhan jentik di dalam tangki. Biaya investasi total untuk pembuatan SPAH komunal yang mencakup talang flat, pipa tegak, transmisi dan distribusi, aksesoris perpipaan, tangki filter, tangki penyimpanan *ground tank* dan *roof tank*, serta pompa sebesar Rp. 252.686.353,00. Jika jumlah rumah yang dilayani sebanyak 55, maka biaya yang dikeluarkan untuk setiap rumah tangga sebesar Rp. 4.594.297,00. Pengelolaan SPAH dapat dilakukan oleh rumah tangga yang dilayani, akan tetapi, dengan besarnya dana yang dibutuhkan, diperlukan bantuan dari pemerintah untuk pembangunan SPAH ini dalam menunjang pemenuhan kebutuhan air bersih untuk masyarakat wilayah perencanaan.

3.3 Perencanaan Basic Engineering Design untuk SPAH

3.3.1 Volume dan Spesifikasi Tangki Penyimpanan

Hasil analisis kebutuhan dan pasokan air menunjukkan air hujan yang dipakai hanya digunakan untuk dua kegiatan utama yaitu kegiatan mandi dan keperluan WC dan kegiatan mencuci pakaian. Hasil penentuan strategi SPAH, diketahui bahwa air hujan yang dipanen kemudian disalurkan ke tangki penyimpanan dalam bentuk *ground tank* lalu masuk pada sistem filtrasi lalu dialirkan menuju *roof tank* karena keterbatasan pada lahan yang tersedia. Skema SPAH yang direncanakan untuk Desa Jelegong dapat dilihat pada Gambar 3.

Hasil perhitungan dengan metode analisis kurva massa didapatkan besar volume tangki penyimpanan berdasarkan intensitas curah hujan rata-rata adalah 1.052,74 m³ dan berdasarkan intensitas curah hujan minimum adalah 555,58 m³. Volume tersebut masih terlalu besar mengingat lahan yang tersedia hanya 140 m². Hasil analisis strategi SPAH menunjukkan tangki penyimpanan akan dibangun dalam bentuk *ground tank* dan *roof tank* dengan kapasitas yang menyesuaikan dengan lahan yang tersedia. Oleh karena itu volume *ground tank* menjadi 70 m³ dengan dimensi 6 m x 6 m x 1,9 m dan volume *roof tank* adalah 5 m³ untuk mengoptimalkan kapasitas penampungan air hujan yang dipanen sehingga dapat memenuhi kebutuhan air bersih secara maksimal. Sisa lahan yang ada digunakan untuk penempatan *roof tank* dan penempatan sistem filtrasi dan lahan untuk pengambilan air bersih.

Tabel 4. Perhitungan Volume Tempat Penampungan Air Hujan

BLN	Monthly rainfall (m)	Monthly supply (m ³)	Cummulative supply (m ³)	Monthly demand (m ³)	Monthly amount stored (m ³)	Total amount stored (m ³)	Required tank volume (m ³)
Nov	0,36	851,48	33.885,43	197,47	654,01	17.100,39	
Des	0,24	568,44	34.453,87	197,47	370,97	17.471,36	
Jan	0,17	389,18	34.843,05	197,47	191,71	17.663,07	
Feb	0,42	981,21	35.824,26	197,47	783,74	18.446,81	
Mar	0,36	856,20	36.680,46	197,47	658,73	19.105,54	
Apr	0,32	757,13	37.437,60	197,47	559,66	19.665,20**	
Mei*	0,04	94,35	37.531,94	197,47	-103,12	19.562,08	
Juni*	0,00	0,00	37.531,94	197,47	-197,47	19.364,60	1.052,74

BLN	Monthly rainfall (m)	Monthly supply (m ³)	Cummulative supply (m ³)	Monthly demand (m ³)	Monthly amount stored (m ³)	Total amount stored (m ³)	Required tank volume (m ³)
Juli*	0,00	0,00	37.531,94	197,47	-197,47	19.167,13	
Ags*	0,00	0,00	37.531,94	197,47	-197,47	18.969,66	
Sep*	0,00	0,00	37.531,94	197,47	-197,47	18.772,19	
Okt*	0,02	37,74	37.569,68	197,47	-159,73	18.612,46**	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022

Keterangan:

* Musim kemarau

** TAS terendah dan TAS tertinggi

Penempatan *ground tank* dilakukan di bawah tanah karena proses penyaluran atau pengumpulan air hujan dilakukan di bawah tanah yang mana *ground tank* ini berfungsi untuk menerima dan menyimpan air hujan yang berasal dari pipa datar. *Ground tank* ditempatkan di bawah tanah memiliki kelebihan seperti lahan yang dibutuhkan tidak besar atau menghemat ruang, dapat menjaga kondisi suhu air dengan baik, dapat menampung limpasan air hujan dari jalan atau permukaan tanah, dan tidak ada risiko kerusakan karena cuaca seperti panas yang ekstrem atau angin yang kencang (Wardiha & Prihandono, 2013). Penempatan *roof tank* dilakukan di atas tanah. *Roof tank* berfungsi untuk menyimpan air hujan yang berasal dari sistem pengolahan air hujan (filtrasi) sehingga air yang berada di *roof tank* dapat langsung digunakan. *Roof tank* ditempatkan di atas tanah memiliki kelebihan seperti adanya kemudahan dalam menggunakan air, penyaluran atau distribusi air dapat dilakukan secara gravitasi, perawatannya mudah, penempatannya fleksibel, pemasangan yang mudah dan terjangkau, serta air dapat diambil dengan mudah melalui keran yang ada pada tangki (Wardiha dan Prihandono, 2013). Spesifikasi *ground tank* yang dipilih adalah *ground tank* menggunakan bahan yang berasal dari bahan pasangan bata karena dapat dibuat sesuai ukuran, kedap air, bebas perawatan, dan tidak mudah retak, sedangkan jenis bahan *roof tank* yang dipilih adalah berasal dari bahan plastik karena murah, ringan, mudah dipasang, dan memiliki daya tahan yang lama.

3.3.2 Spesifikasi Talang Pipa dan Jalur Perpipaan

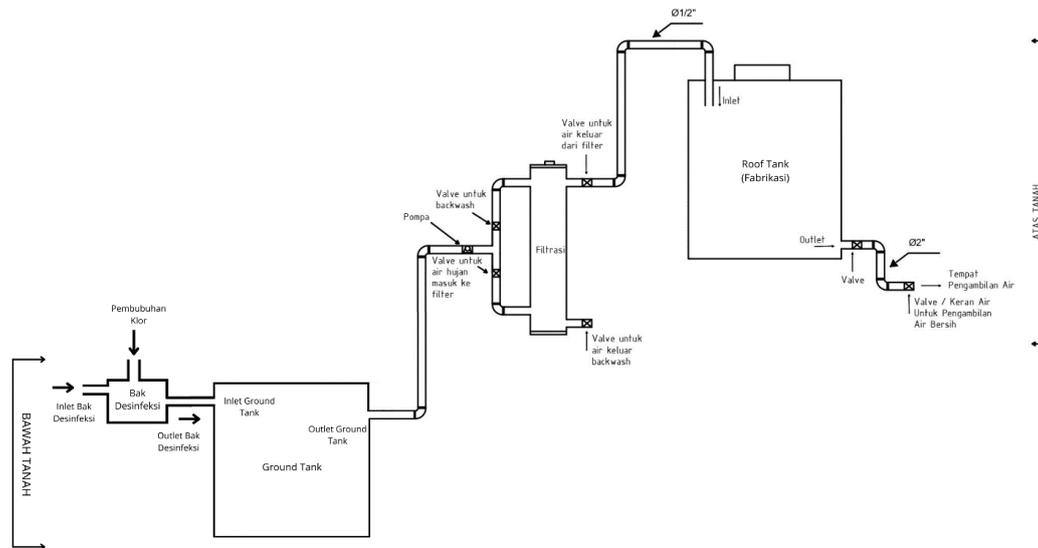
Hasil perhitungan didapatkan diameter talang dalam perencanaan SPAH ini berkisar antara 3 – 5 inci, diameter pipa tegak adalah 2 inci, dan diameter pipa datar berkisar antara 3 – 12 inci. Panjang talang menyesuaikan dengan panjang sisi dari setiap atap rumah yaitu berkisar antara 6 – 23 meter, panjang pipa tegak yaitu dilihat dari ketinggian rumah di wilayah perencanaan berkisar antara 3 – 4 meter sehingga untuk panjang pipa tegak diambil sebesar 4 meter. Panjang pipa datar (saluran pipa transmisi awal dan saluran pipa transmisi akhir) berkisar antara 1 – 16 meter. Saluran pipa transmisi awal merupakan saluran pipa yang menerima air hujan dari pipa tegak setiap rumah lalu menyalurkan air tersebut menuju saluran pipa transmisi akhir. Saluran pipa transmisi akhir merupakan saluran pipa yang menerima air hujan dari saluran pipa transmisi awal dan menyalurkan air tersebut hingga air berakhir di *ground tank*. Penempatan talang berada pada atap rumah lalu pipa tegak berada di samping rumah, sedangkan pipa datar berada di bawah tanah.

Bahan talang dan perpipaan yang dipilih adalah talang dan pipa dengan bahan PVC (*polyvinyl chloride*) karena ringan, murah, dan antikorosi. Jumlah aksesoris pipa disesuaikan dengan kebutuhan yang ada. Gambar jalur perpipaan pada perencanaan SPAH ini dapat dilihat pada Gambar 1 yang mana jalur perpipaan memperlihatkan pipa datar yang terdiri dari saluran transmisi awal dan saluran transmisi akhir.

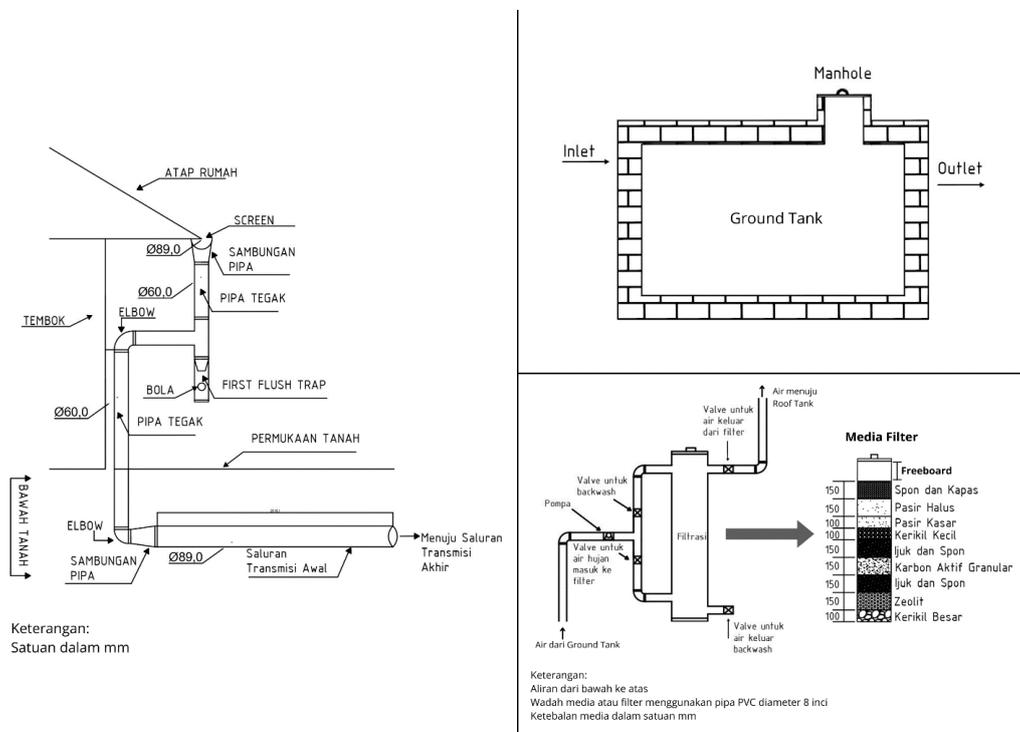
3.3.3 Sistem Pengolahan Air Hujan

Unit pengolahan air hujan terdiri dari unit filtrasi dan klorinasi. Unit filtrasi direncanakan dapat menggunakan beberapa media filter seperti pasir, kerikil, spon dan ijuk, *granular activated carbon* (GAC), zeolit, kerikil kecil, pasir kasar, pasir halus, dan kerikil besar. Filter dapat diaplikasikan oleh masyarakat karena alat dan bahan yang digunakan banyak di pasaran, pengolahannya sederhana, pengoperasiannya mudah, dan biayanya murah. Selain itu, sistem pengolahan dengan filtrasi sederhana ini dapat dikatakan cukup efektif karena dapat menurunkan beberapa parameter pada air hujan seperti total zat padat terlarut, kekeruhan, warna, aroma (*organoleptik*), pH, fluoride, dan lain-lain (Untari & Kusnadi, 2014). Peletakkan sistem pengolahan air hujan dilakukan di atas tanah yang mana air hujan diambil dari *ground tank* lalu dipompa menuju unit filtrasi sebelum dialirkan ke *roof tank*. Penempatan di atas tanah dilakukan untuk memudahkan pemeliharaan dan perawatan dari sistem pengolahan air hujan.

Pada penelitian ini, unit filtrasi dirancang terutama untuk menurunkan kontaminan fisik dan kimia pada air. Air hujan dialirkan dari *ground tank* ke unit filter menggunakan pipa PVC dengan diameter 6 inci, dilengkapi dengan aksesoris pipa seperti *valve* untuk mengatur air menuju filter dan melakukan *backwash*. Unit filtrasi berupa tabung dengan media terdiri dari kerikil besar, zeolit, ijuk dan spon, karbon aktif granular, ijuk dan spon, kerikil kecil, pasir kasar, pasir halus, spon dan kapas. Susunan media filter dan ketebalan setiap media secara berurutan dari bawah ke atas adalah kerikil besar (ketebalan 10 cm), batu zeolit pasir (ketebalan 10 cm), ijuk dan spon (ketebalan 15 cm), karbon aktif granular (ketebalan 15 cm), kerikil kecil (ketebalan 10 cm), pasir kasar (ketebalan 10 cm), pasir halus (ketebalan 15 cm), spon dan kapas filter (ketebalan 15 cm) sebagaimana direkomendasikan di dalam penelitian (Untari dan Kusnadi, 2014). Air masuk ke dalam unit filtrasi melalui *inlet*, mengalir ke dalam filter melewati media filter dengan sistem *upflow*, kemudian keluar melalui pipa *outlet*. *Backwash* atau pencucian balik dilakukan dengan membalikkan arah aliran air.



Gambar 3. Gambar Skematik Sistem Pemanenan Air Hujan di Desa Jelegong



Gambar 4. Gambar Basic Engineering Design SPAH

Gambar basic engineering design untuk SPAH termasuk unit pengolahan yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 4. Tangki penyimpanan air hujan dalam jangka waktu lama berpotensi sebagai tempat perkembangbiakan jentik nyamuk, terutama *Aedes aegypti* yang merupakan vektor virus demam berdarah. Oleh karena itu, dilakukan klorinasi dengan menggunakan kaporit atau kalsium hipoklorit ($Ca(ClO)_2$) sebagai disinfektan. Hasil penelitian sebelumnya untuk air hujan menunjukkan dosis kaporit yang dibubuhkan sebanyak 1,20 – 4,50 mg/L karena kaporit yang dijual di pasaran umumnya hanya memiliki kemurnian sebesar 35,5 – 39% (Anna, 1990). Pembubuhan diberikan di inlet ground tank sebelum masuk ke filter sehingga sisa klor di outlet ground tank diharapkan pada kisaran 0,2 -- 0,5 mg/L sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan No.2 Tahun 2023 sekaligus menghilangkan potensi jentik nyamuk.

4. KESIMPULAN

Penyediaan sumber air bersih tambahan di Desa Jelegong dilakukan dengan perencanaan teknologi alternatif berupa sistem pemanenan air hujan (SPA). Kualitas air hujan yang dimiliki hasilnya cukup baik karena sebagian besar parameter yang diukur telah memenuhi standar baku mutu PerMenkes 32 Tahun 2017. Pengolahan terhadap air hujan berupa klorinasi dan penyaringan tetap harus dilakukan karena adanya parameter kualitas air yang belum memenuhi standar aman sesuai baku mutu PerMenkes 32 tahun 2017. SPAH yang direncanakan dapat memenuhi kebutuhan air bersih di wilayah perencanaan karena besar pasokan air hujan yang tersedia melebihi kebutuhan air bersih yang ada. Selain itu, SPAH yang direncanakan menggunakan sistem komunal yang telah sesuai dengan karakteristik daerah

yang dimiliki oleh wilayah perencanaan. Hasil studi menunjukkan SPAH yang direncanakan dapat menjadi teknologi alternatif penyediaan sumber air bersih tambahan bagi masyarakat di wilayah perencanaan. Diperlukan studi lanjutan berupa pengukuran *break point chlorination* untuk air hujan secara langsung, dan penyusunan detail perencanaan di wilayah studi.

PERSANTUNAN

Ucapan terima kasih ditujukan kepada PT. Anugrah Jaya Internasional atas bantuannya dalam pelaksanaan pengukuran kualitas air hujan serta ucapan terima kasih bagi semua pihak yang telah terlibat dalam pelaksanaan penelitian SPAH ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Hamzah, F., Idris, A., & Shuan, T. K. (2011). Preliminary study on enzymatic hydrolysis of treated oil palm (Elaeis) empty fruit bunches fibre (TKS) by using combination of cellulase and β 1-4 glucosidase. *Biomass and Bioenergy*, 35(3), 1055-1059.
- African Development Bank (ADB). (2008). *Rainwater harvesting handbook. Assessment of Best Practices and Experience in Water Harvesting*. Tunis-Belvedere, Tunisia: African Development Bank (ADB).
- Ahmed, W., & Toze, S. (2015). Microbiological quality and associated health risks with the use of roof-captured rainwater. *Rainwater tank systems for urban water supply: Design, yield, energy, health risks, economics and social perceptions*, 229.
- Ariyananda T. (1999). Comparative review of drinking water quality from different rain water harvesting systems in Sri Lanka. Proceedings on the 9th International rainwater catchment systems conference ' Rainwater catchment: An answer to the water scarcity of the next millennium. Petrolina, Brazil, July 1999. Paper 7.2.
- CGWB (Central Ground Water Board). (2007). *Manual on Artificial Recharge Structures. Rooftop Rainwater Harvesting*.
- Dirgawati, M., Sururi, M. R., Wiliana, W., & Widiawati, N. (2021). Evaluation of regional domestic waste water treatment plant performance in Cimahi city. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 18(1), 141-152.
- Gohel, J., Bhatu, H., Kapupara, P., & Barath, R. (2020). Designing rooftop rainwater harvesting system at RK University. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(2S), 351-353.
- Hamilton, K., Reyneke, B., Waso, M., Clements, T., Ndlovu, T., Khan, W., & Ahmed, W. (2019). A global review of the microbiological quality and potential health risks associated with roof-harvested rainwater tanks. *NPJ Clean Water*, 2(1), 1-18.
- Kamil, I. M., & Soemirat, J. (1989). *Kajian konsumsi air bersih untuk perkotaan indonesia*. Dep. Pu.
- Kaniawati. (2019). *Laporan Musyawarah Pembangunan Kecamatan Kutawaringin Tahun 2019*.
- Krisnayanti, D. S., Yosafath, Y. T., & Pah, J. J. (2019). Efisiensi pemanfaatan air dengan sarana penampungan air hujan pada rumah warga kota kupang. *Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 165-178.
- Maulani, N., Sunardi, S., Sumiarsa, D., & Djuwansah, D. (2013). Identifikasi kemiskinan air di daerah aliran sungai citarum hulu: kasus daerah Bandung Raya. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 11(2), 92-99.
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. (2017). PerMenkes 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per Aqua*, dan Pemandian Umum.
- Oktavian, H. (2021). Analisis Spasial Sebaran Kondisi Resapan Air di Kabupaten Bandung (Studi Kasus: Kecamatan Soreang dan Kecamatan Kutawaringin). *FTSP*, 512-517.
- Olaoye, R. A., & Olaniyan, O. S. (2012). Quality of rainwater from different roof material. *International Journal of Engineering and Technology*, 2(8), 1413-1421.
- Rahmayanti, A. E., & Soewondo, P. (2015). Penyediaan air minum di daerah pesisir kota bandar lampung melalui rainwater harvesting. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 21(2), 115-126.
- Schiller, E., J., & Latham, B., G. (1986). *Information and training for low-cost water supply and sanitation*. UNDP World Bank Water and Sanitation Program.
- Soemirat, J. (2011). *Kesehatan lingkungan*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Sukmawardani, M. A., Sururi, M. R., & Sutadian, A. D. (2021). Evaluasi Hidrolis Jaringan Distribusi Air Minum Sistem Beber PDAM Tirta Jati Kabupaten Cirebon. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 22(1), 058-067.
- Sururi, M. R., Dirgawati, M., Roosmini, D., & Notodarmodjo, S. (2021). Characterization of Fluorescent Dissolved Organic Matter in an Affected Pollution Raw Water Source using an Excitation-Emission Matrix and PARAFAC. *Environment and Natural Resources Journal*, 19(6), 459-467.
- Sururi, M. R., Dirgawati, M., Wiliana, W., Fadlurrohman, F., & Widiyati, N. (2023). Performance evaluation of domestic waste water treatment system in urban Indonesia. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 8, 100507.
- Untari, T., & Kusnadi, J. (2014). Pemanfaatan air hujan sebagai air layak konsumsi di kota malang dengan metode modifikasi filtrasi sederhana [In Press September 2015]. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 3(4).
- Wahyudi, H. D., & Aini, S. (2021). Pemanfaatan air hujan sebagai sumber air bersih dengan menggunakan filter serbuk keramik. *Prosiding (SIAR) Seminar Ilmiah Arsitektur 2021*.
- Wardiha, M. W., & Prihandono, A. (2013). *Perumusan aplikasi*

alternatif desain penampungan air hujan untuk masyarakat. Prosiding Kolokium 2013 Puslitbang Permukiman.

Widya, C., Andianti, R., & Pragesari, N., N. (2019). *Statistik*

lingkungan hidup indonesia 2019. Jakarta: BPS.

Worm & Hattum. (2006). Rainwater harvesting for domestic use. Wageningen: Agromisa Foundation and CTA.