

Perencanaan Sistem Air Bersih Tahan Perubahan Iklim Desa Hambalang Feril

Hariati, Dini Aryanti, Tedi Triana
Program Studi Teknik Sipil, Universitas Ibn Khaldun Bogor

ABSTRAK

Sistem penyediaan air bersih di wilayah perdesaan sangat rentan terhadap perubahan iklim. Perubahan kekerapan dan intensitas hujan berdampak pada ketersediaan air baku. Perencanaan sistem air bersih harus direncanakan dengan memperhitungkan fluktuasi air baku. Seperti halnya perencanaan air bersih di RT14 RW05 Desa Hambalang, yang mengandalkan mata air sebagai sumbernya. Hasil pengukuran yang dilakukan pada 1 Juni 2024, menunjukkan debit mata air 1,00 l/dtk. Data curah hujan dari Stasiun Citeko, pada rentang waktu Mei dan Juni, tinggi hujan rata-rata hanya mencapai 23 mm, dengan nilai terendah nol atau tidak terdapat hujan sama sekali, termasuk pada saat pengukuran debit. Dengan demikian, nilai debit pengukuran dianggap sebagai debit dasar yang dipakai dalam perencanaan. Agar sistem perencanaan tahan terhadap perubahan iklim, maka ditetapkan jumlah warga yang dilayani adalah jumlah warga RT 14 RW05 pada 10 tahun yang akan datang, dengan cakupan pelayanan mencapai 100%. Struktur *broncaptering* dan resevoir direncanakan untuk melindungi mata air dan menyimpan kelebihan air dari mata air yang tidak dimanfaatkan oleh warga, sebagai cadangan air bersih, dengan volume mencapai 45 m³. *Hydrant* umum sebanyak 6 unit direncanakan sebagai tempat warga mengambil air secara langsung, atau memasang pipa untuk mengalirkan air ke rumah warga. Langkah terakhir dalam merencanakan sistem air bersih tahan perubahan iklim adalah, memastikan bahwa sistem jaringan dari reservoir ke hydrant umum dapat mengalirkan air dengan baik, dengan menggunakan pendekatan analisis hidrolika perpipaan. Perangkat lunak EPANET 2.0 digunakan sebagai alat bantu dalam memeriksa tekanan serta kecepatan aliran air dalam pipa.

Kata kunci: Desa Hambalang, air bersih, perubahan iklim, EPANET 2.0

1. PENDAHULUAN

Penyediaan air bersih saat ini masih menjadi masalah bagi Pemerintah Daerah Kabupaten Bogor. Di beberapa wilayah, terutama di pedesaan, penyediaan air bersih masih mengandalkan sumur dan mata air. Meskipun demikian, saat musim kemarau, ketinggian air dalam sumur dan debit mata air cenderung berkurang. Warga mengalami kekeringan. Terlebih beberapa tahun terakhir ini, dampak perubahan iklim tampak jelas terjadi di Kabupaten Bogor, yaitu hujan dengan intensitas tinggi namun durasinya pendek, distribusi curah hujan tidak merata dan kemarau panjang (Susanto dkk., 2020). Oleh karena itu, desa-desa yang masyarakatnya tidak terlayani dengan pelayanan air bersih sistem perpipaan rentan terhadap kekurangan air bersih, krisis kesehatan akibat konsumsi air yang tidak higienis, dan konflik sosial akibat perebutan sumber air.

Desa Hambalang merupakan wilayah pedesaan di Kabupaten Bogor yang masyarakatnya masih mengandalkan pemenuhan air bersihnya dari sumur gali dan mata air. Berdasarkan data yang diperoleh dari kantor desa, sumber air bersih masyarakat meliputi mata air sejumlah 18 unit yang dimanfaatkan oleh 1.600 KK, sumur gali sebanyak 713 unit yang dimanfaatkan oleh 900 KK, dan sumur pompa sebanyak 520 unit yang dimanfaatkan oleh 600 KK. Berdasarkan data tersebut, dapat dikatakan mata air menjadi sumber utama pemenuhan kebutuhan air bersih bagi masyarakat Desa Hambalang. Salah satunya oleh warga RT 14 RW 05, yang memiliki 2 mata air. Akan tetapi salah satu mata air berada pada lahan pribadi, yang dijadikan sebagai area rekreasi Agrowisata Bukit Hambalang, berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Bogor Nomor 2 Tahun 2022 tentang Rencana Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Kabupaten Bogor Tahun 2022-2052. Dengan demikian, warga RT 14 RW 05, dengan jumlah sekitar 100 KK mengandalkan mata air sebagai sumber air bersih. Oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan pemanfaatan mata air di sekitar RT 14 RW 05, Desa Hambalang, agar kebutuhan air bersih bagi warga dapat terpenuhi dari segi kuantitas.

2. KONDISI TERKINI PENYEDIAAN AIR BERSIH WARGA DESA HAMBALANG

Mata air adalah sumber air alami yang muncul ke permukaan tanah dari lapisan air bawah tanah melalui celah-celah batuan atau tanah (Adiningrum, 2017, Lestari & Suprpto., 2019). Mata air sering kali terletak di daerah pegunungan atau perbukitan dan telah digunakan sebagai sumber air bersih oleh masyarakat sejak zaman dahulu. Dengan kualitas air yang relatif lebih bersih dan segar, mata air memainkan peran penting dalam memenuhi kebutuhan air sehari-hari, terutama di daerah pedesaan dan pinggiran kota yang belum terjangkau oleh jaringan distribusi air modern. Sebagai sumber air bersih, mata air memiliki beberapa keunggulan, antara lain kualitas air yang baik dan debit yang cenderung stabil, serta membutuhkan

infrastruktur yang sederhana dalam pemanfaatannya.

Umumnya mata air muncul dari permukaan tanah atau celah-celah batuan dalam bentuk semburan, dan membentuk satu genangan. Hal yang sama ditemukan pada mata air di kawasan RT 14 RW 05 Desa Hambalang (Gambar 1). Kondisi mata air terbuka tanpa perlindungan, sehingga rentan terkontaminasi oleh zat yang berbahaya. Selain itu, pemanfaatan mata air oleh warga dilakukan dengan cara menanam pipa PVC dengan diameter ½” di sekitar mata air, untuk disalurkan ke rumah-rumah warga. Tidak ada pengaturan khusus terhadap aliran air, sehingga apabila kebutuhan air warga telah terpenuhi, air dibiarkan terbuang begitu saja.



Gambar 1. Mata air di kawasan RT 14 RW 05, Desa Hambalang. (A) kondisi genangan mata air, (B) saluran yang mengalirkan mata air ke pipa-pipa warga

Masalah terjadi saat musim kering. Seiring dengan berkurangnya imbuhan, debit mata air juga mengalami penurunan, bahkan hilang. Untuk mengatasi kekurangan pasokan air bersih, Pemerintah Kabupaten Bogor melalui Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) memasok air bersih dengan menggunakan truk tangka bagi warga. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi mata air di Desa Hambalang sangat rentan terhadap perubahan iklim.

3. MODEL INFRASTRUKTUR AIR BERSIH TAHAN PERUBAHAN IKLIM

Perencanaan infrastruktur air bersih berbasis masyarakat saat ini harus mempertimbangkan faktor perubahan iklim, seperti perubahan intensitas dan frekuensi curah hujan, serta perubahan tutupan lahan di daerah imbuhan (Purnomo dkk., 2021, Juliansyah, 2023). Model infrastruktur air bersih yang adaptif terhadap perubahan iklim harus mencakup beberapa aspek, antara lain:

1. Diversifikasi sumber air dengan cara memanfaatkan berbagai sumber air seperti air tanah, air permukaan, air hujan, dan air daur ulang. Diversifikasi sumber air ini membantu mengurangi ketergantungan pada satu jenis sumber air yang mungkin terdampak oleh perubahan iklim. Selain itu pengumpulan dan penyimpanan air hujan (rainwater harvesting) saat ini telah menjadi salah satu alternatif, terutama di wilayah yang mengalami musim hujan singkat dengan intensitas tinggi, untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat.
2. Infrastruktur air bersih dirancang untuk dapat beradaptasi dengan perubahan pola curah hujan dan suhu. Salah satunya adalah menambah kapasitas untuk menangani limpasan air akibat curah hujan ekstrem yang semakin sering terjadi. Jaringan perpipaan juga direncanakan untuk dapat beradaptasi terhadap bencana yang dipicu oleh perubahan iklim, seperti banjir, longsor, serta suhu tinggi, yang dapat merusak jaringan perpipaan, dan mengganggu suplai air bersih untuk warga.
3. Pengurangan konsumsi air dengan menggunakan alat-alat sanitair yang lebih hemat air, seperti pemilihan toilet jongkok dibandingkan toilet duduk yang membutuhkan air lebih banyak untuk flushing.
4. Berbasis komunitas, yaitu dengan memberdayakan masyarakat untuk berpartisipasi dalam pengelolaan sumber daya air di tingkat lokal, termasuk menjaga mata air dan sumber air lainnya agar tetap lestari, dapat memperkuat ketahanan terhadap perubahan iklim.

Sistem penyediaan air bersih untuk warga RT 14 RW 05 direncanakan agar tahan terhadap perubahan iklim,

antara lain pemanfaatan sumber mata air seefisien mungkin, serta pemakaian material ramah lingkungan, dan tahan lama. Tahapan perencanaan adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan proyeksi jumlah penduduk 10 tahun yang akan datang
2. Kebutuhan air masyarakat berdasarkan jumlah penduduk tahun ke-10
3. Pengukuran debit mata air
4. Perencanaan kapasitas bangunan broncaptering
5. Perencanaan kapasitas bak penampung
6. Perencanaan jalur pipa dan keran hidran umum

4. HASIL DAN BAHASAN

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk RT 14 RW 05

Berdasarkan data pertumbuhan penduduk yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik Kabupaten Bogor tahun 2023, pertumbuhan penduduk rata-rata di Desa Hambalang sebesar 0,47%, dan jumlah warga RT 14 RW 05 504 jiwa. Dengan menerapkan persamaan geometrik dalam menghitung pertambahan jumlah penduduk, pada tahun 2033, warga RT 14 RW 05 berjumlah 528 jiwa. Selanjutnya, kebutuhan air dihitung untuk 528 warga.

Kebutuhan Air

Analisis kebutuhan air bersih dibedakan menjadi 2 jenis; (1) kebutuhan air domestik, (2) kebutuhan air untuk fasilitas umum. Menurut kriteria perencanaan Permen PU NO. 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, untuk desa dengan jumlah penduduk kurang dari 3.000 jiwa, standar kebutuhan air per individu adalah 70 liter/hari. Dengan perkiraan cakupan pelayanan 100%, maka jumlah kebutuhan air domestik untuk warga RT 14 RW 05 adalah:

$$Q_{\text{dom}} = \text{Jumlah penduduk} \times 100\% \times \text{standar kebutuhan air domestik} \\ = 528 \text{ jiwa} \times 100\% \times 70 \text{ l/jiwa/hari} = 36.960 \text{ liter/hari}$$

Untuk fasilitas umum, kawasan RT 14 RW 05 saat ini memiliki 3 musholla untuk 504 jiwa. Dengan jumlah penduduk mencapai 528 pada tahun 2033, maka dengan menerapkan perhitungan proyeksi fasilitas umum, maka jumlah musholla yang diperlukan pada tahun 2033 adalah:

$$N_{\text{mus}} = \text{Jumlah musholla saat ini} \times (\text{jumlah penduduk tahun 2033/jumlah penduduk saat ini}) \\ = 3 \times (528/504) = 3,14 \text{ unit} \approx 3 \text{ unit}$$

Untuk 10 tahun yang akan datang, tidak ada penambahan fasilitas musholla. Dengan jumlah kebutuhan air untuk fasilitas umum musholla adalah 2.000 l/unit/hari, maka kebutuhan air total untuk 3 unit musholla adalah 6.000 l/hari. Dengan demikian, jumlah kebutuhan air total untuk kebutuhan warga adalah 43.960 l/hari atau digenapkan menjadi 44.000 l/hari.

Pengukuran Debit Mata Air

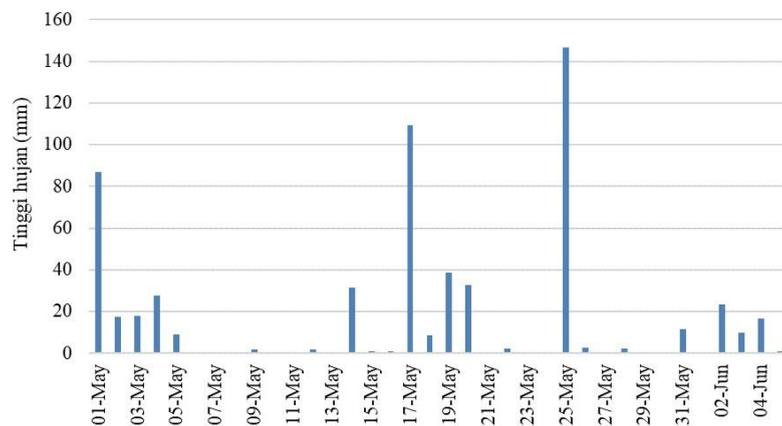
Untuk mengetahui debit mata air, dilakukan pengukuran debit dengan menggunakan metode benda apung pada saluran yang terdapat setelah titik sumber keluarnya air (Gambar 1-B). Lebar saluran dan tinggi muka air diukur untuk mendapatkan luas penampang. Kecepatan aliran dihitung dengan menggunakan bola sebagai benda apungnya. Hasil pengukuran menunjukkan lebar saluran adalah 0,4 m dan ketinggian air di dalam saluran 0,05 m. Dengan demikian luas penampang adalah 0,02 m². Dari hasil pengukuran debit diperoleh kecepatan aliran di dalam saluran 0,06 m/dtk, sehingga debit yang dikeluarkan sebesar 0,001 m³/dtk atau 1,00 l/dtk. Pengukuran dilakukan hanya satu kali pada bulan Juni 2024. Untuk mendapatkan gambaran kondisi iklim Kabupaten Bogor pada saat pengukuran, maka diperlukan data curah hujan rentang waktu Mei sampai dengan Juni 2024 seperti yang disajikan pada Gambar 2.

Berdasarkan Gambar 2, saat pengukuran, yaitu pada 1 Juni 2024 tidak terdapat hujan. Beberapa hari sebelumnya, tinggi hujan cenderung rendah. Dengan demikian, debit yang terukur merupakan debit minimum. Oleh karena itu, perencanaan selanjutnya berdasarkan kondisi debit minimum.

Perencanaan *Broncaptering*

Broncaptering merupakan bangunan penangkap mata air untuk melindungi dan menangkap air dari mata air agar dapat ditampung dan disalurkan ke reservoir (Singal & Jamal, 2022). *Broncaptering* umumnya dibangun dengan konstruksi beton. Debit mata air dan waktu tinggal air di dalam *broncaptering* menentukan rencana kapasitas bangunan. *Broncaptering* menstabilkan tekanan air sebelum masuk ke pipa transmisi sehingga tekanan air yang akan melalui pipa transmisi tetap. Selain itu, *broncaptering* melindungi mata air

dari pencemaran.



Gambar 2 Tinggi hujan di Stasiun Pengukur Hujan di Citeko

Untuk mata air RT 14 RW 05, dengan debit 1,00 l/dtk, dalam satu hari akan terkumpul 86.400 l air atau sekitar 86,40 m³. Perhitungan kapasitas *broncaptering* dan desain rencana mengacu pada aturan yang dikeluarkan oleh Dirjen Cipta Karya, yaitu dengan waktu detensi 15 menit dan freeboard sebesar 0,5 m. Untuk debit mata air sebesar 1,00 l/dtk, dan kebutuhan air maksimum sebesar 0,79 l/dtk (pada jam 07.00-08.00), maka volume broncaptering yang dibutuhkan adalah 711 l atau 0,8 m³. Ketinggian air di broncaptering didesain setinggi 1,00 m, dengan dimensi panjang dan lebar masing-masing 1,50 m, maka diperoleh volume broncaptering 3,38 m³. Desain broncaptering disajikan pada Gambar 3.

Perencanaan kapasitas bak penampung

Bak penampung harus dapat melayani kebutuhan air warga secara kontinu, yaitu ketersediaan air bersih yang terus menerus tanpa henti, 24 jam sehari, 7 hari seminggu. Meskipun demikian, PUPR telah menetapkan load factor untuk setiap jam, seperti yang disajikan pada Tabel 1.

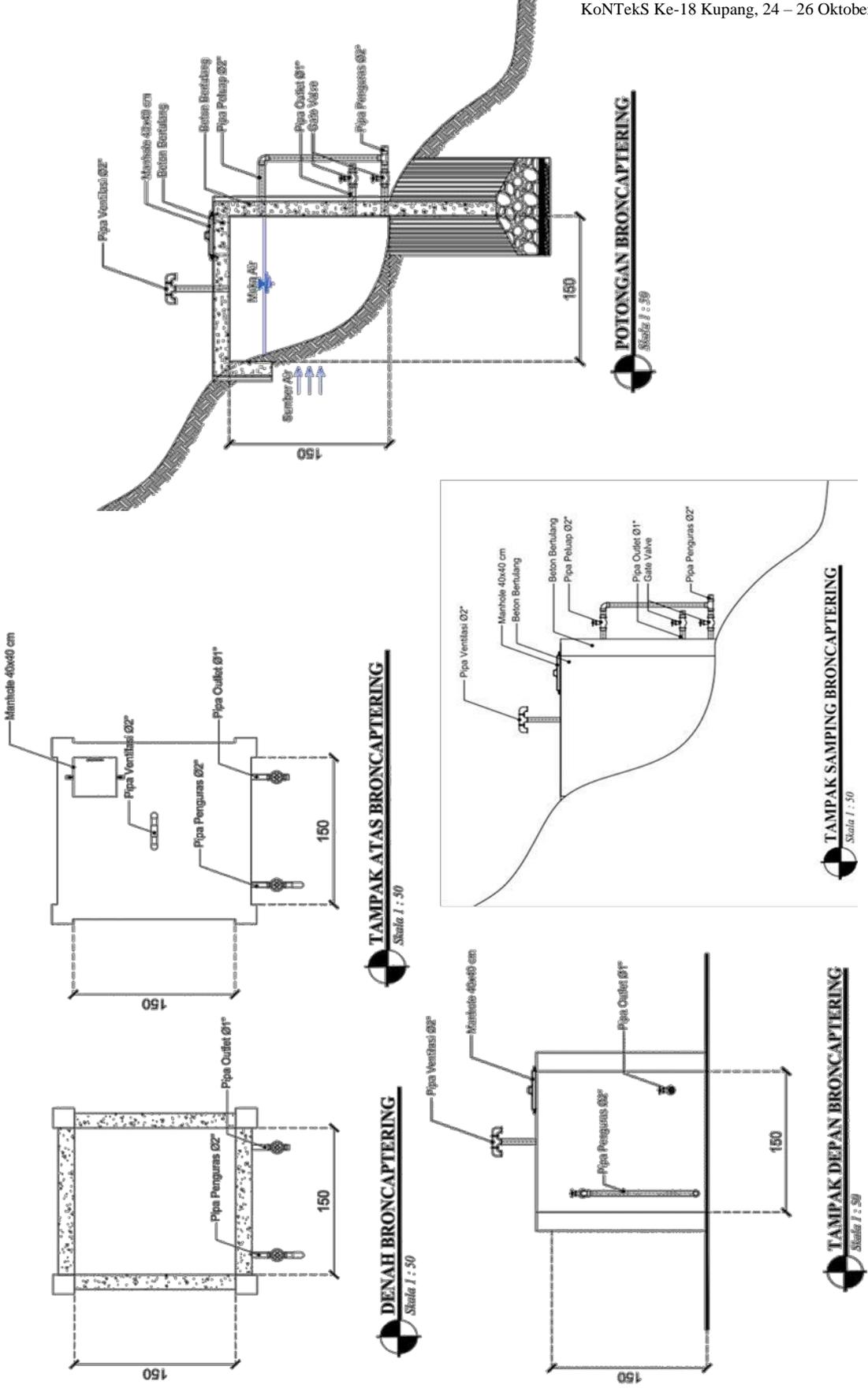
Tabel 1. Load factor untuk setiap jam pemakaian

Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LF	0,31	0,37	0,45	0,64	1,15	1,40	1,53	1,56	1,42	1,38	1,27	1,20
Jam	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
LF	1,14	1,17	1,18	1,22	1,31	1,38	1,25	0,98	0,62	0,45	0,37	0,25

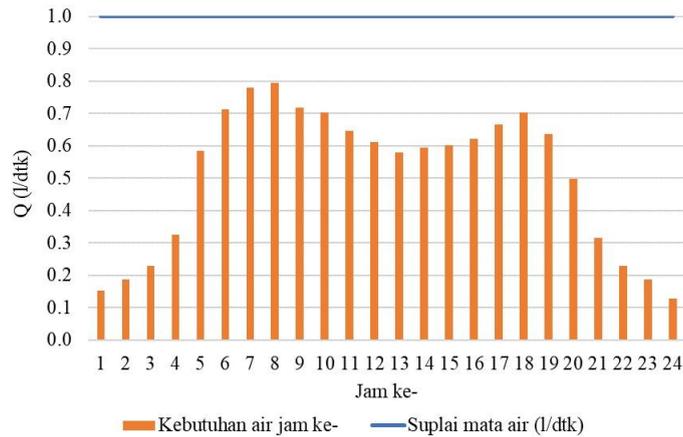
Sumber: Dirjen Cipta Karya, 1994

Load factor menunjukkan jumlah air yang diperlukan oleh masyarakat berdasarkan waktu. Kebutuhan warga saat pagi sebelum melakukan aktivitas (pukul 05.00-08.00) lebih besar dibandingkan kebutuhan waktu istirahat (pukul 22.00-24.00).

Dengan mengalikan jumlah kebutuhan air warga per hari dengan load factor untuk tiap waktu, akan diperoleh jumlah air yang diperlukan warga pada jam-jam tertentu. Besarnya kebutuhan air bagi warga per waktu kemudian dibandingkan dengan suplai air dari mata air. Hasil analisis perbandingan disajikan pada Gambar 4.

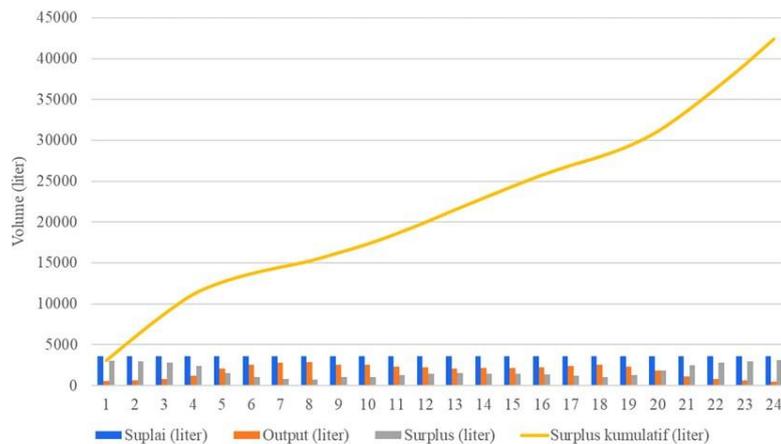


Gambar 3 Gambar rencana bangunan broncaptering



Gambar 4 Perbandingan antara kebutuhan air per jam dengan debit yang dikeluarkan oleh mata air

Berdasarkan Gambar 4, kebutuhan air warga per jam masih dapat dipenuhi oleh mata air. Debit yang dibutuhkan masih berada di bawah debit yang dikeluarkan oleh mata air. Meskipun demikian, dalam menghadapi tantangan perubahan iklim, diperlukan satu kebijakan untuk menampung kelebihan air dari mata air, sebagai cadangan pada saat kritis. Salah satunya adalah dengan menyediakan resevoir. Untuk mendapatkan dimensi resevoir yang efektif, maka perlu dilakukan analisis neraca air per jam. Keseimbangan antara air yang masuk, yang dikeluarkan, akan menghasilkan besar kelebihan air yang dapat disimpan dalam reservoir. Hasil analisis disajikan pada Gambar 5.

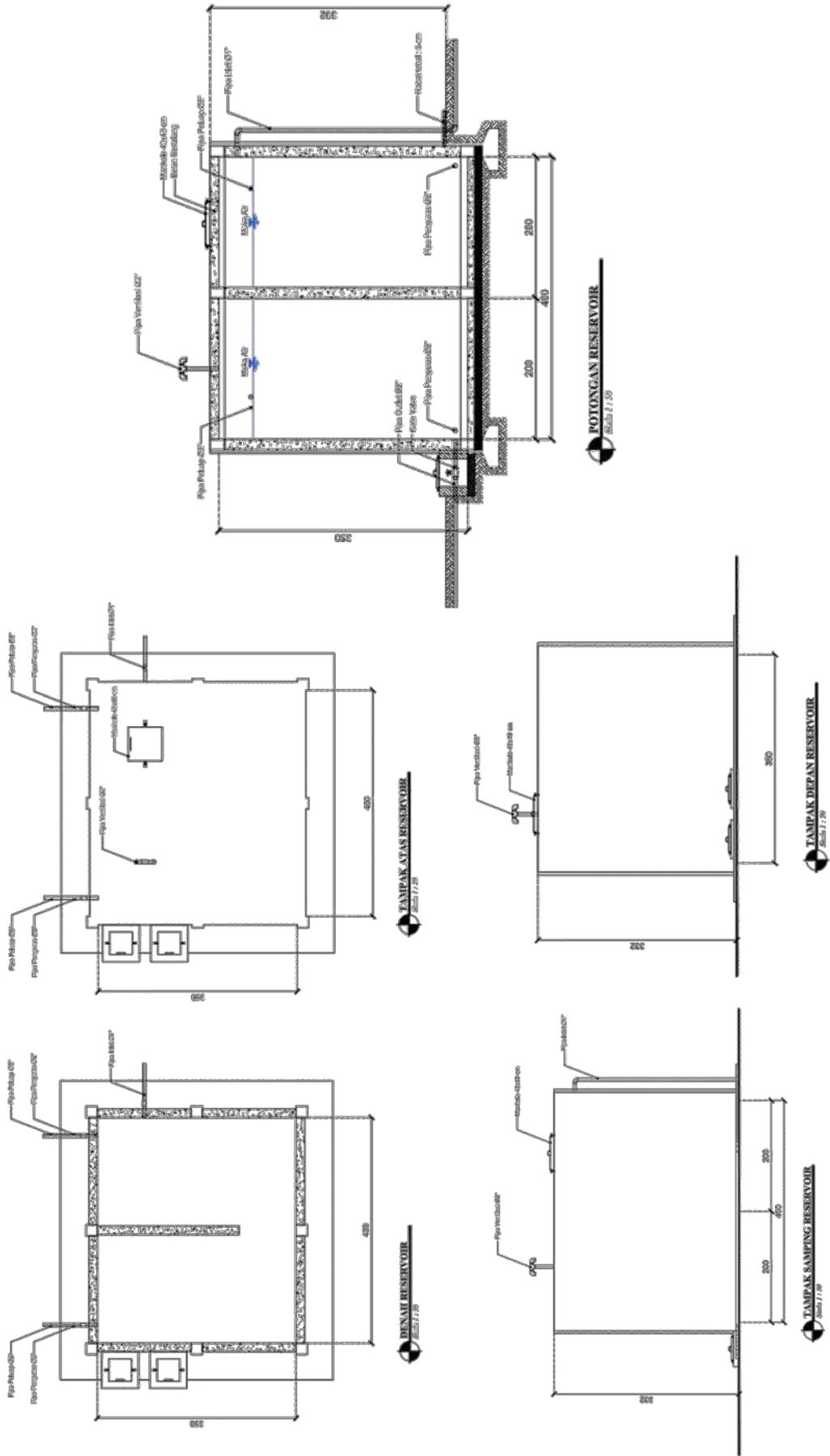


Gambar 5 Neraca air dan potensi air yang dapat disimpan selama 24 jam

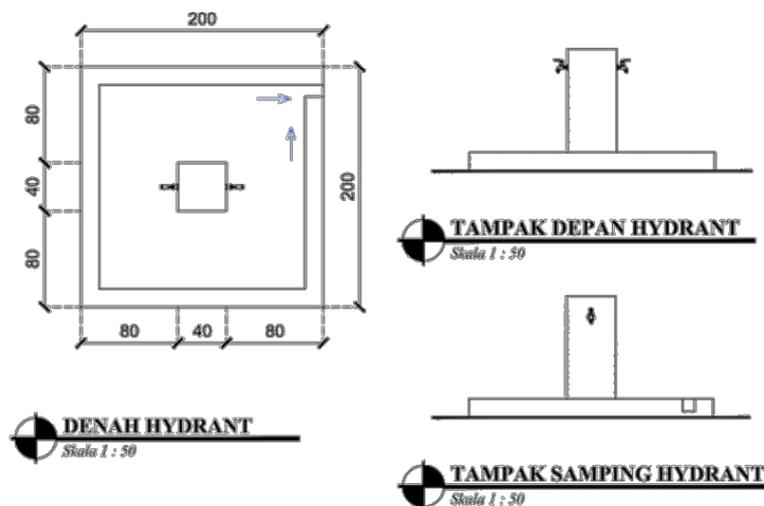
Dalam waktu 24 jam, surplus air yang diperoleh dari aliran mata air mencapai 41.436,67 liter atau sekitar 42 m³. Direncanakan tinggi reservoir 3,5 m, dengan tinggi air 3 m dan freeboard 0,5 m. Maka diperoleh dimensi reservoir 3,5 m x 4 m dengan tinggi 3,5 m. Gambar desain resevoir disajikan pada Gambar 6.

Perencanaan Hydrant Umum

Berdasarkan Pedoman Perencanaan Air Bersih PU Cipta Karya, untuk kawasan dengan jumlah penduduk di bawah 20.000 jiwa, seperti pedesaan, jumlah *hydrant* umum adalah 100 jiwa/unit. Dengan demikian, untuk warga RT 14 RW 05, jumlah hidran umum yang diperlukan adalah 6 unit. Hydrant umum untuk RT 14 RW 05 berfungsi sebagai titik distribusi air untuk ke rumah-rumah warga. Desain hydrant umum disajikan pada Gambar 7.



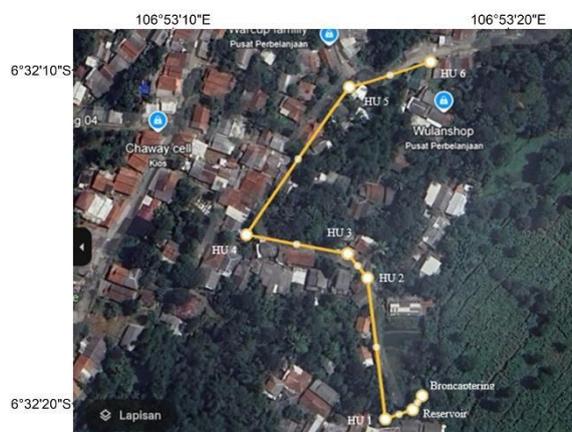
Gambar 6 Gambar rencana bangunan reservoir



Gambar 7 Desain hydrant umum

Sistem Jaringan Pipa

Pipa distribusi dipilih pipa HDPE yaitu pipa yang terbuat dari material plastic jenis High Density Polythene, yang memiliki beberapa kelebihan; (1) fleksibilitas tinggi, (2) tahan benturan, (3) tahan terhadap temperatur rendah bahkan temperatur air beku, (4) ringan, mudah dalam penanganan dan transportasi, (5) metode penyambungan yang cepat dan mudah, (6) tahan terhadap korosi dan abrasi, (7) permukaan halus sehingga akan meminimalkan hilangnya tekanan, dan (8) jangka waktu pemakaian cukup lama sekitar 50 tahun. Perencanaan jaringan pipa disajikan pada Gambar 8.



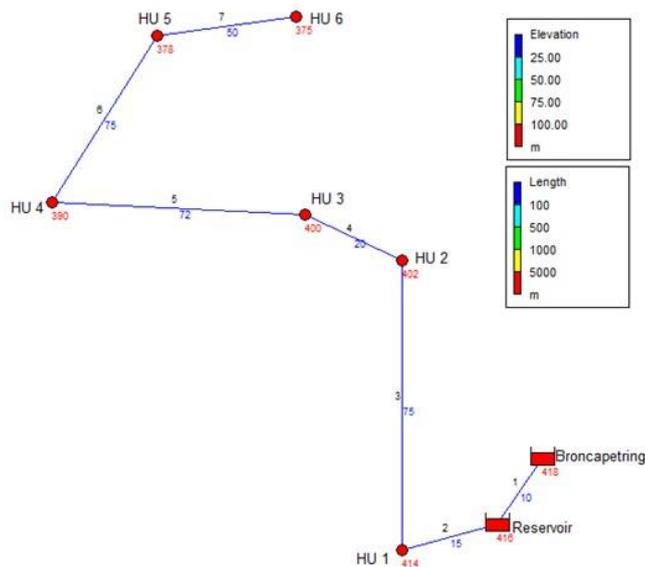
Gambar 8. Perencanaan jaringan pipa Desa Hambalang RT 14 RW05

Air mengalir dari *broncaptering* ke resevoir secara gravitasi. Kemiringan rata-rata jalur pipa dari mulai broncaptering sampai dengan kran umum antara 10% sampai 14%, sehingga memungkinkan untuk mengalirkan air dengan tekanan dan kecepatan yang stabil. Kelebihan dari sistem yang direncanakan ini adalah tidak menggunakan pompa yang membutuhkan daya listrik saat operasional, serta biaya perawatan untuk menjamin pompa tetap jalan dan air dapat terdistribusi dengan merata. Untuk memudahkan proses perencanaan, perangkat lunak EPANET versi 2.0 digunakan untuk mengolah data. EPANET 2.0 menggunakan persamaan Hazen-Willian untuk menghitung hidrolika pipa. Untuk pipa HDPE, koefisien kekasaran Chezy yang digunakan adalah 130. Kecepatan aliran dibatasi dengan faktor-faktor tertentu, kecepatan yang terlalu tinggi bisa mengakibatkan penggerusan permukaan pipa, sebaliknya, kecepatan aliran yang terlalu rendah dapat mengakibatkan pengendapan pada jalur perpipaan. Beberapa standar yang perlu diperhatikan dalam mengolah aplikasi EPANET 2.0 adalah; (1) batas kecepatan aliran 0,3 – 3,0 m/dtk, (2) kehilangan tinggi tekan yang diizinkan antara 0 sampai 10 m/km, (3) serta tekanan antara 10 m sampai

dengan 100 m. Input parameter untuk perencanaan jaringan pipa serta hasil running dari EPANET 2.0 disajikan pada Tabel 2, dan Gambar 9, yang menunjukkan bahwa kecepatan aliran serta headloss untuk setiap node dan pipa berada dalam nilai kisaran nilai batas yang telah ditetapkan.

Tabel 2. Input parameter dan output EPANET 2.0

Pipa	Panjang pipa (m)	Diameter		Node	Elevasi	Base	Output	
		Pipa (mm)	C			Demand (l/dtk)	Kecepatan (m/dtk)	Headloss (m/km)
P1	10	25	130	Reservoir	416	0	1,89	9,45
P2	15	50	130	HU 1	414	0,129	0,39	4,88
P3	75	25	130	HU 2	402	0,129	0,33	3,48
P4	15	50	130	HU 3	400	0,129	0,41	6,83
P5	72	25	130	HU 4	390	0,129	0,31	4,01
P6	70	25	130	HU 5	378	0,129	0,32	5,61
P7	50	30	130	HU 6	375	0,129	0,26	5,17



Gambar 9. Diagram kecepatan

5. KESIMPULAN

Perencanaan sistem jaringan air bersih harus mampu beradaptasi dengan isu perubahan iklim. Perubahan intensitas dan kekerapan curah hujan sangat mempengaruhi ketersediaan air baku. Oleh karena itu, standar perencanaan harus disesuaikan dengan kondisi ini, seperti cakupan pelayanan, penggunaan bangunan penyimpanan air, serta penggunaan *hydrant* umum yang sekaligus sebagai hub pelayanan air bersih ke rumah warga. Perencanaan sistem jaringan air bersih di RT 14 RW05 Desa Hambalang menerapkan prinsip tersebut, meskipun secara analisis, debit mata air masih dapat melayani kebutuhan masyarakat secara langsung. Salah satunya adalah dengan membangun reservoir yang berfungsi menampung air dari mata air, sehingga tidak terbuang percuma. Air dari resevoir kemudian dialirkan dengan ke *hydrant* umum, dengan menggunakan pipa jenis HDPE yang lebih lentur dan tahan terhadap perubahan cuaca. *Hydrant* umum disediakan sebagai tempat pengambilan air bagi warga sekaligus tempat untuk menyambung pipa yang akan mengalirkan air ke rumah warga bagi yang membutuhkan. Pemakaian air yang efektif menjadi kata kunci dalam merencanakan sistem penyediaan air bersih tahan perubahan iklim.

DAFTAR PUSTAKA

- Cita, Adiningrum. (2017). 1. Analysis of Spring Development and Gravity Flow System to Capture Water for Local Communities. Available from: 10.1051/MATECCONF/201713806009
- Juliansyah, F. (2023). Analisis Perubahan Iklim Dalam Ketersediaan Air Baku Dan Penyediaan Air Minum Pada Daerah Terpencil. *International Journal of Evaluation and Research in Education*. Diakses melalui: www.researchgate.net/publication/374133280_Analisis_Perubahan_Iklim_Dalam_Ketersediaan_Air_Baku_Dan_Penyediaan_Air_Minum_Pada_Daerah_Terpencil.
- Lestari, D. T. B., & Suprpto, H. (2019). Analisis pemanfaatan mata air sebagai sumber air baku di Kecamatan Cisarua, Kabupaten Bogor. *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, 16(2).
- Purnomo, S., Halik, G., & Dhokhikah, Y. (2021). Penilaian Bencana Kekeringan dan Strategi Penyediaan Air Bersih di Wilayah Utara Kabupaten Lumajang. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 12(2), 92-103.
- Singal, R. Z., & Jamal, N. A. (2022). Perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih (Studi kasus Desa Panca Agung Kabupaten Bulungan). *Selodang Mayang: Jurnal Ilmiah Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Indragiri Hilir*, 8(2), 108-119.