



Evaluasi Sistem Penyediaan Air Bersih Pada Perumahan Viola Watutumou Kecamatan Kalawat Kabupaten Minahasa Utara

Annisa Wahyuni^{#a}, Cindy J. Supit^{#b}, Revo L. Inkiriwang^{#c}

[#]Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^aannisasetiyono06@gmail.com, ^bcindyjeanesupit@unsrat.ac.id, ^crevo.inkiriwang@unsrat.ac.id

Abstrak

Sistem penyediaan air bersih merupakan salah satu prasarana penting dalam menunjang kebutuhan dasar masyarakat di kawasan permukiman. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sistem penyediaan air bersih di Perumahan Viola Watutumou, Kecamatan Kalawat, Kabupaten Minahasa Utara, dengan meninjau kondisi sumber air, sistem distribusi, serta kemampuan sistem dalam memenuhi kebutuhan air penduduk pada kondisi eksisting dan proyeksi di masa mendatang. Analisis sistem distribusi dilakukan menggunakan perangkat lunak EPANET 2.0 dengan mempertimbangkan data debit air, jaringan pipa, dan jumlah pelanggan. Maka hasil perhitungan diperoleh total panjang jaringan pipa distribusi 2.322,21 m, debit penyaluran air 36 m³/jam, dan debit distribusi 4,788 m³/jam. Proyeksi penduduk pada 2043 tahun sebanyak 1.366 jiwa, kebutuhan air bersih di perumahan viola watutumou pada tahun 2043 adalah sebesar: lt/det. Maka Reservoir yang dibutuhkan: debit 10 l/s, volume minimum 450 m³, dengan dimensi p x l x t (525 m³).

Kata kunci: sistem penyediaan air bersih, distribusi air, EPANET 2.0, reservoir, perumahan

1. Pendahuluan

Air merupakan hal yang paling dibutuhkan dalam kehidupan seluruh makhluk hidup terutama bagi manusia. Dalam setiap aktivitasnya secara mutlak dan sebagai bagian dari hukum alam bahwa manusia membutuhkan air bersih dan untuk memenuhi kebutuhannya manusia dapat menentukan jumlah air bersih yang berguna bagi kehidupan sehari-hari. Permasalahan ketersediaan air bersih merupakan suatu masalah klasik yang dihadapi oleh masyarakat Indonesia, baik itu mengenai kuantitas maupun masalah kualitas air bersih yang ada. Dengan meningkatnya aktivitas Pembangunan dan jumlah penduduk, hal ini berakibat pada peningkatan kebutuhan akan air bersih.

Peningkatan kebutuhan air tersebut jika tidak diimbangi dengan sistem distribusi yang baik dapat menjadi suatu masalah besar dimana air bersih yang tersedia tidak mampu disalurkan dengan baik dalam memenuhi kebutuhan Masyarakat pada wilayah tersebut. Sarana distribusi air yang baik menjadi langkah yang harus ditempuh, penanganan akan pemenuhan kebutuhan air bersih dapat dilakukan dengan penyesuaian sarana dan prasarana. Sistem dsitribusi air bersih umumnya merupakan suatu jaringan perpipaan yang tersusun atas sistem pipa, pompa, reservoir dan perlengkapan lainnya. Sistem penyediaan air bersih yang kompleks sering sekali bermasalah dalam distribusi debit dan tekanan yang berkaitan dengan kriteria hidrolis yang harus terpenuhi dalam sistem pengaliran air bersih dan untuk menjamin tingkat layanan baik secara berkelanjutan kinerja sistem harus dievaluasi agar secara keseluruhan dapat dipastikan sistem berjalan dengan baik

Khususnya pada Kawasan Perumahan Viola Watutumou Kecamatan Kalawat Kabupaten Minahasa Utara, dengan mengandalkan sumber air yang berasal dari sumur bor di dekat Sungai yang berjarak kurang lebih 1 kilometer dari perumahan. Banyak keluhan dari Masyarakat kepada

operator mengenai sistem distribusi air bersih yang tidak merata sehingga sering terjadi kesenjangan sosial, maka diperlukan evaluasi terhadap sistem penyediaan air bersih agar kebutuhan masyarakat di Perumahan Viola Watutumou akan air bersih dapat terpenuhi dengan baik.

Berdasarkan latar belakang di atas maka, perlu adanya evaluasi sistem penyediaan di wilayah Perumahan Viola Watutumou dengan memperhatikan debit sumber dan jaringan yang telah beroperasi.

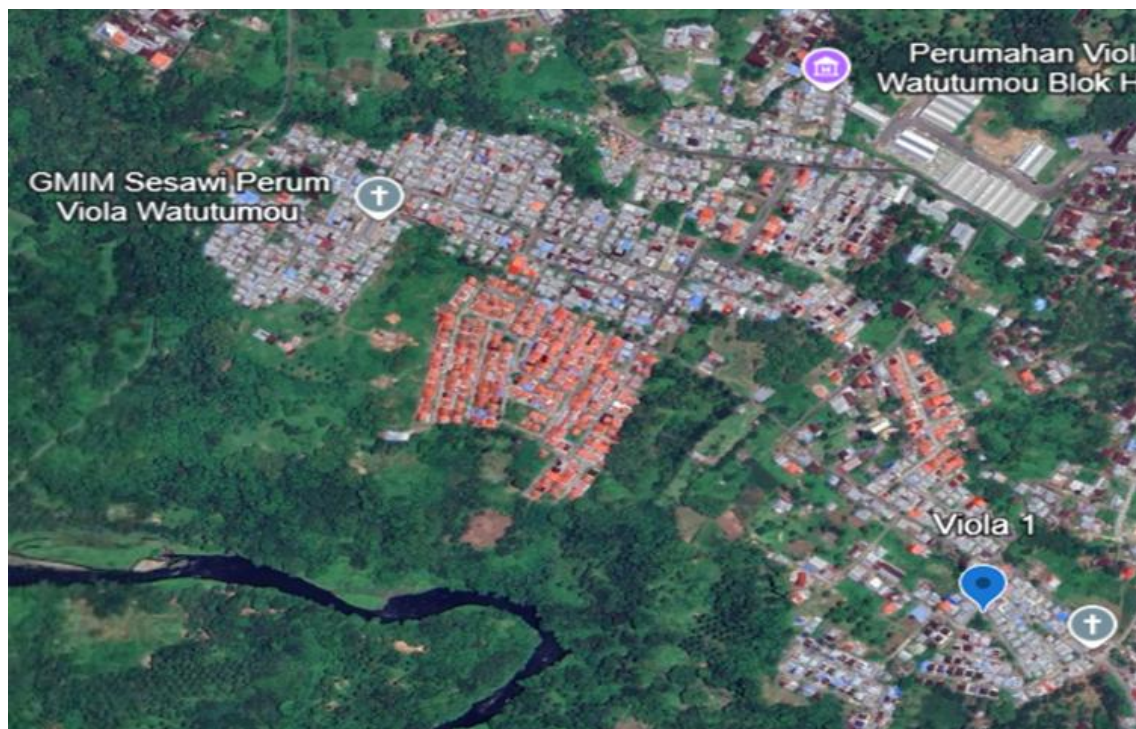
2. Landasan Teori

Air adalah salah satu kebutuhan yang sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya, tanpa air tidak akan ada kehidupan di bumi ini. Sedangkan yang dimaksud air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari – hari dan akan menjadi air minum setelah dimasak terlebih dahulu. Sebagai batasannya air bersih adalah air yang memenuhi persyaratan bagi sistem penyediaan air minum. Adapun persyaratan yang dimaksud adalah persyaratan dari segi kualitas fisik, kimia, biologi, dan radiologis sehingga apabila dikonsumsi tidak menimbulkan efek samping. Air merupakan suatu sarana utama untuk meningkatkan kesehatan. Fungsi terpenting dari sistem penyediaan air bersih adalah pencegahan penyebaran penyakit melalui air. Tujuan sistem penyediaan air bersih adalah agar dapat menyalurkan/mensuplai air bersih kepada konsumen dalam jumlah yang cukup. Bagian terpenting dalam sistem penyediaan air bersih adalah sumber air baku.

3. Metode Penelitian

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yaitu Perumahan Viola Watutumou Kecamatan Kalawat Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara. Penelitian terbatas pada identifikasi kuantitas dan kontinuitas sumber air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan baik secara individu maupun komunal dengan menggunakan data primer dan sekunder. Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengevaluasi sistem penyediaan dan distribusi air bersih di Perumahan Viola Watutumou.

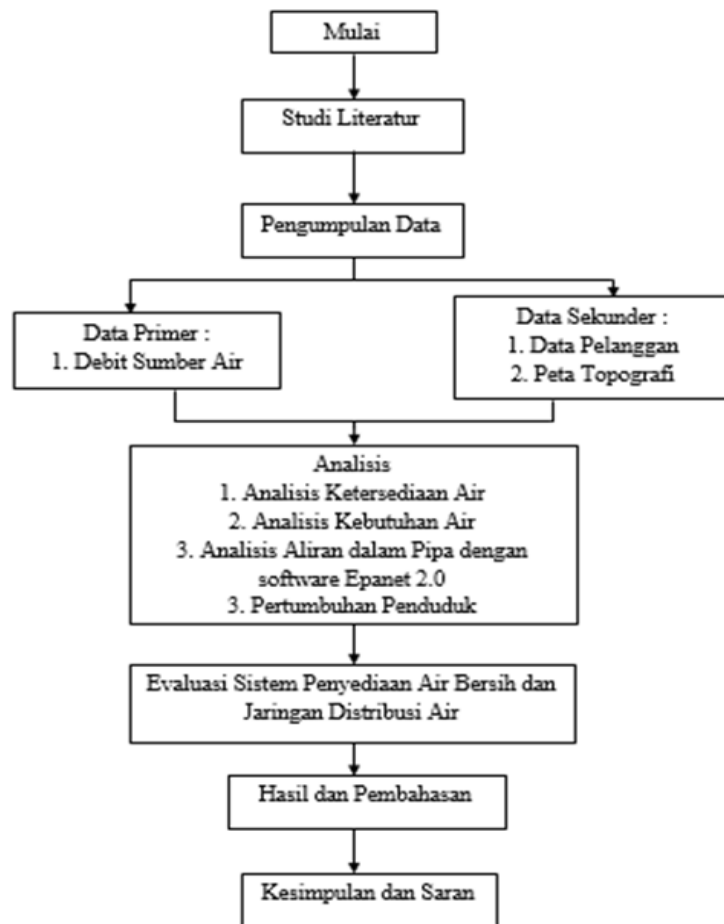


Gambar 1. Lokasi Penelitian

3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode Analisis dalam penelitian dilakukan dengan observasi (survei lapangan), wawancara, dan studi literatur. Survei lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi eksisting sumber air dan distribusi air bersih. Wawancara dilakukan guna memperoleh informasi dengan cara tanya jawab/ diskusi dengan operator air yang disediakan oleh development perumahan. Studi literatur dilakukan untuk membandingkan data hasil penelitian dengan teori, penelitian terdahulu, maupun kondisi sistem pengolahan dan distribusi pada lokasi lain. Data yang dikumpulkan meliputi data debit air, eksisting jaringan pipa, data pelanggan. Evaluasi sistem penyediaan air bersih dilakukan dengan studi literatur, sedangkan evaluasi sistem distribusi dilakukan dengan software Epanet 2.0.

3.3 Kerangka Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisa Pertumbuhan Penduduk

Pertumbuhan penduduk sangat mempengaruhi kebutuhan air bersih masyarakat. Untuk memprediksi kebutuhan air bersih, perlu dilakukan proyeksi jumlah penduduk 20 tahun ke depan. Hasil proyeksi ini akan membantu memprediksi kebutuhan air penduduk di Perumahan Viola Watutumou, Kecamatan Kalawat, Kabupaten Minahasa Utara, untuk 20 tahun mendatang. Untuk melakukan proyeksi, dibutuhkan data awal jumlah penduduk (Tabel 1).

Tabel 1. Jumlah data Penduduk di Perumahan Viola Watutumou Kecamatan Kalawat Kabupaten Minahasa Utara Tahun 2015-2025

No.	Tahun	Data
1	2015	560
2	2016	592
3	2017	624
4	2018	660
5	2019	697
6	2020	734
7	2021	772
8	2022	813
9	2023	857
10	2024	918
11	2025	980

Dalam menghitung proyeksi jumlah penduduk, bisa menggunakan salah satu dari 3 metode: Aritmetika, Geometri, atau Eksponensial. Hasil perhitungan sebagai berikut:

Tabel 2. Proyeksi Penduduk Perumahan Viola Watutumou

No	Tahun	Proyeksi Aritmetika	Proyeksi Geometri	Proyeksi Eksponensial
1	2026	1022	1037	1019
2	2027	1064	1097	1076
3	2028	1106	1160	1137
4	2029	1148	1227	1200
5	2030	1190	1298	1267
6	2031	1232	1372	1338
7	2032	1274	1451	1413
8	2033	1316	1535	1492
9	2034	1358	1623	1575
10	2035	1400	1717	1663
11	2036	1442	1816	1756
12	2037	1484	1921	1854
13	2038	1526	2031	1958
14	2039	1568	2148	2067
15	2040	1610	2272	2183
16	2041	1652	2403	2305
17	2042	1694	2541	2434
18	2043	1736	2688	2570
19	2044	1778	2843	2714
20	2045	1820	3007	2865
Sd		134,9666626	133,122978	127,8749389
r ²		0,956906017	0,99487019	0,997770637
r		0,978215731	0,997431797	0,998884696

Hasil perhitungan diatas menunjukkan metode yang paling tepat yaitu metode eksponensial dengan koefisien korelasi memiliki hasil 0,998884696 dibandingkan dengan metode-metode yang lain dan memiliki standar deviasi paling kecil dengan hasil 127,8749389 dibandingkan dengan

metode-metode yang lain. Untuk itu metode yang akan digunakan yaitu metode eksponensial untuk kebutuhan proyeksi penduduk dalam menghitung kebutuhan air bersih di Perumahan Viola Watutumou selama 20 tahun kedepan.

4.2 Analisis Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan Air bersih merupakan hasil penjumlahan dari kebutuhan air domestik dan kebutuhan air non domestik.

1. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik terdiri dari Sambungan Rumah Tangga (SR) dan Hidran Umum (HU).

2. Kebutuhan Air non Domestik

Kebutuhan air non domestik adalah air bersih yang diperlukan fasilitas pelayanan umum seperti, kantor, tempat ibadah, perkantoran, dan pertokoan.

Tabel 3. Kebutuhan Air Domestik

No.	Tahun	jumlah kebutuhan air SR	jumlah kebutuhan air HU	Total Kebutuhan air Domestik
		(lt/det)	(lt/det)	(lt/det)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
1	2026	0,66	0,14	0,8
2	2027	0,7	0,15	0,85
3	2028	0,74	0,16	0,9
4	2029	0,78	0,17	0,95
5	2030	0,82	0,18	1
6	2031	0,87	0,19	1,06
7	2032	0,92	0,2	1,12
8	2033	0,97	0,21	1,18
9	2034	1,02	0,22	1,24
10	2035	1,08	0,23	1,31
11	2036	1,14	0,24	1,38
12	2037	1,2	0,26	1,46
13	2038	1,27	0,27	1,54
14	2039	1,34	0,29	1,63
15	2040	1,41	0,3	1,71
16	2041	1,49	0,32	1,81
17	2042	1,58	0,34	1,92
18	2043	1,67	0,36	2,03
19	2044	1,76	0,38	2,14
20	2045	1,86	0,4	2,26

Tabel 4 Kebutuhan Air non Domestik

No.	Tahun	Kebutuhan air fasilitas Pendidikan	Kebutuhan air fasilitas peribadatan	Kebutuhan air fasilitas pertokoan	Kebutuhan air fasilitas kantor	Kebutuhan air fasilitas Rumah makan	Total Kebutuhan air non Domestik
		(lt/det)	(lt/det)	(lt/det)	(lt/det)	(lt/det)	(lt/det)
1	2024	0,02	0,15	0,01	0,01	0,09	0,28
2	2025	0,02	0,15	0,01	0,01	0,09	0,28
3	2026	0,02	0,15	0,01	0,01	0,09	0,28
4	2027	0,03	0,15	0,01	0,01	0,09	0,29
5	2028	0,03	0,18	0,01	0,01	0,09	0,32
6	2029	0,03	0,19	0,01	0,01	0,1	0,34
7	2030	0,03	0,19	0,01	0,01	0,1	0,34
8	2031	0,03	0,19	0,01	0,01	0,1	0,34
9	2032	0,03	0,19	0,01	0,01	0,1	0,34
10	2033	0,03	0,19	0,01	0,01	0,1	0,34
11	2034	0,03	0,24	0,01	0,01	0,12	0,41
12	2035	0,03	0,24	0,01	0,01	0,12	0,41
13	2036	0,04	0,24	0,01	0,01	0,12	0,42
14	2037	0,04	0,24	0,01	0,01	0,12	0,42
15	2038	0,04	0,24	0,01	0,01	0,12	0,42
16	2039	0,04	0,28	0,01	0,02	0,13	0,48
17	2040	0,04	0,28	0,01	0,02	0,13	0,48
18	2041	0,04	0,28	0,01	0,02	0,13	0,48
19	2042	0,04	0,28	0,01	0,02	0,13	0,48
20	2043	0,04	0,28	0,01	0,02	0,13	0,48

1. Kehilangan Air

Hasil perhitungan kehilangan air ditunjukkan pada Tabel 5.

2. Kebutuhan air harian maksimum dan jam puncak

Berdasarkan faktor jam puncak, Maka dihitung debit harian maksimum dan debit jam puncak yang ditunjukkan pada Tabel 6 .

4.3 Analisis Ketersediaan Air

Ketersediaan air didapatkan dengan cara wawancara di PDAM Kota Manado, Sulawesi Utara. Diperoleh data yaitu sumber air di Perumahan Viola Watutumou bersumber dari Sungai Tondano yang terletak di desa Watutumou dan memiliki kapasitas sumber sebesar 20 lt/det, dan kapasitas yang sudah terpasang sebesar 10 lt/det, tapi kapasitas yang bisa diproduksi hanya sebesar 3 lt/det. Untuk itu perlu dilakukan peningkatan volume reservoir untuk meningkatkan produksi air minum untuk memaksimalkan kapasitas yang sudah terpasang yaitu sebesar 10 lt/det.

4.4 Desain Distribusi Air Minum Hidran Umum

Pada Tahun 2043 jumlah masyarakat sebanyak 1366 jiwa sesuai dengan kriteria perencanaan Ditjen Cipta Karya bahwa jumlah jiwa per hidran umum yaitu untuk kategori “Desa” sebesar 200 jiwa untuk 1 hidran umum maka perhitungan untuk hidran umum menjadi.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah hidran} &= \text{Jumlah jiwa Tahun 2043} / 200 \\
 &= 1366 / 200 \\
 &= 6,83 \text{ Unit} \\
 &= 7 \text{ Unit}
 \end{aligned}$$

Maka jumlah hidran pada Perumahan Viola Watutumou sebanyak 7. Perencanaan sistem distribusi HU ditunjukkan pada Gambar 3.

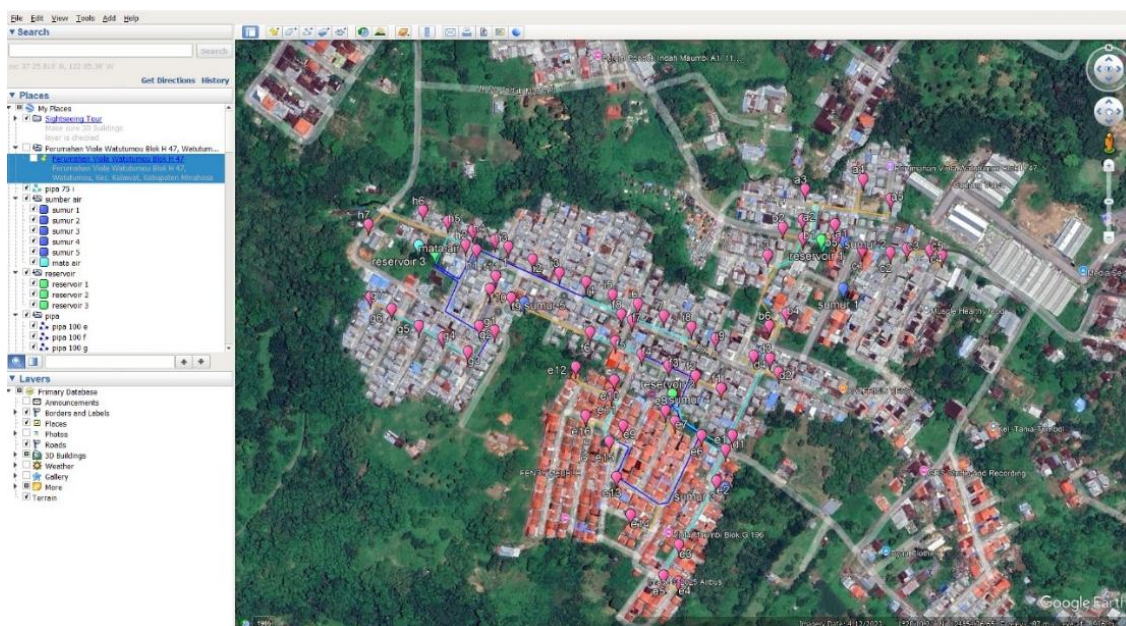
Tabel 5. Kehilangan Air

No.	Tahun	Kebutuhan Air Domestik	Kebutuhan Air non Domestik	Kebutuhan Air	Kehilangan Air	Debit Total
		(lt/det)	(lt/det)	(lt/det)	(lt/det)	(lt/det)
1	2024	0,88	0,26	1,14	0,342	1,482
2	2025	0,89	0,26	1,15	0,345	1,495
3	2026	0,9	0,26	1,16	0,348	1,508
4	2027	0,91	0,27	1,18	0,354	1,534
5	2028	0,92	0,3	1,22	0,366	1,586
6	2029	0,93	0,31	1,24	0,372	1,612
7	2030	0,95	0,31	1,26	0,378	1,638
8	2031	0,95	0,31	1,26	0,378	1,638
9	2032	0,96	0,31	1,27	0,381	1,651
10	2033	0,97	0,31	1,28	0,384	1,664
11	2034	0,98	0,37	1,35	0,405	1,755
12	2035	1	0,37	1,37	0,411	1,781
13	2036	1,01	0,38	1,39	0,417	1,807
14	2037	1,01	0,38	1,39	0,417	1,807
15	2038	1,02	0,38	1,4	0,42	1,82
16	2039	1,03	0,43	1,46	0,438	1,898
17	2040	1,04	0,43	1,47	0,441	1,911
18	2041	1,06	0,43	1,49	0,447	1,937
19	2042	1,07	0,43	1,5	0,45	1,95
20	2043	1,08	0,43	1,51	0,453	1,963
Σ						34,437

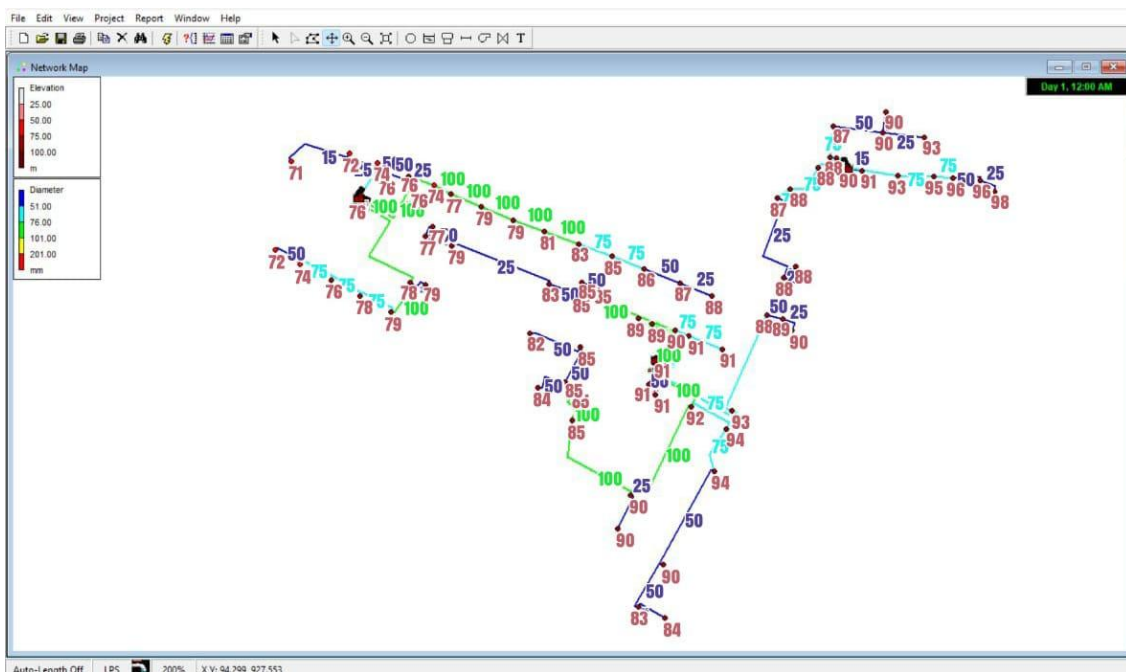
Tabel 6. Kebutuhan Air Harian Maksimum, dan Jam Puncak

No.	Tahun	Debit Total	Debit Harian Maks.	Debit Jam Puncak
		(lt/det)	(lt/det)	(lt/det)
			1,25	1,75
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
1	2024	1,482	1,8525	2,5935
2	2025	1,495	1,86875	2,61625
3	2026	1,508	1,885	2,639
4	2027	1,534	1,9175	2,6845
5	2028	1,586	1,9825	2,7755
6	2029	1,612	2,015	2,821
7	2030	1,638	2,0475	2,8665
8	2031	1,638	2,0475	2,8665
9	2032	1,651	2,06375	2,88925
10	2033	1,664	2,08	2,912

11	2034	1,755	2,19375	3,07125
12	2035	1,781	2,22625	3,11675
13	2036	1,807	2,25875	3,16225
14	2037	1,807	2,25875	3,16225
15	2038	1,82	2,275	3,185
16	2039	1,898	2,3725	3,3215
17	2040	1,911	2,38875	3,34425
18	2041	1,937	2,42125	3,38975
19	2042	1,95	2,4375	3,4125
20	2043	1,963	2,45375	3,43525



Gambar 3. Gambar Desain Distribusi Hidran Umum dengan Software Google Earth



Gambar 4. Desain Distribusi Hidran Umum menggunakan EPANET 2.0

4.5 Desain Kapasitas Reservoir Distribusi

Untuk mengatasi kebutuhan air minum di Perumahan Viola Watutumou dengan target produksi sebanyak $Q = 10 \text{ lt/det}$, diperlukan penyaluran air memasuki reservoir dalam debit yang sama maka :

$$\begin{aligned} Q_{\text{supply}} &= 10 \text{ lt/det} \\ &= 864 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 36 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk supply air ke hidran umum dengan kebutuhan air minum hidran umum sesuai dengan tabel Kebutuhan air domestik Hidran Umum (Tabel 4.10) yaitu pada tahun 2043 Kebutuhan air Hidran umum mencapai $0,19 \text{ lt/det}$. Maka untuk total kebutuhan air Hidran Umum.

$$\begin{aligned} Q_{\text{butuh}} &= 0,19 \times 7 \\ &= 1,33 \text{ Lt/det} \\ &= 114,912 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 4,788 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Jadi, penyaluran air memasuki reservoir sebesar $36 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan untuk penyaluran air dari reservoir ke Hidran Umum sebesar $4,788 \text{ m}^3/\text{jam}$. Maka perhitungan kapasitas reservoir ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Desain Kapasitas Reservoir Distribusi

Jam	Suplai Air	Distribusi ke Hidran Umum	Volume Air di Reservoir
	(m ³ /hari)	(m ³ /hari)	(m ³ /hari)
00 – 01	18	4,788	13,212
01 – 02	18	4,788	26,424
02 – 03	18	4,788	39,636
03 – 04	18	4,788	52,848
04 – 05	18	4,788	66,06
05 – 06	18	4,788	79,272
06 – 07	18	4,788	92,484
07 – 08	18	4,788	105,696
08 – 09	18	4,788	118,908
09 – 10	18	4,788	132,12
10 – 11	18	4,788	145,332
11 – 12	18	4,788	158,544
12 – 13	18	4,788	171,756
13 – 14	18	4,788	184,968
14 – 15	18	4,788	198,18
15 – 16	18	4,788	211,392
16 – 17	18	4,788	224,604
17 – 18	18	4,788	237,816
18 – 19	18	4,788	251,028
19 – 20	18	4,788	264,24
20 – 21	18	4,788	277,452
21 – 22	18	4,788	290,664
22 – 23	18	4,788	303,876
23 – 24	18	4,788	317,088

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Minimal} &= X \\
 \text{Pada volume minimal bak tepat kosong, } 0 &= X \\
 X &= 0 \\
 \text{Volume maksimum} &= X + 317,088 \\
 \text{Kapasitas berguna Reservoir minimal} &= 0 + 317,088 \\
 &= 317,088 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 317,088 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Diambil ukuran:

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang dan lebar} &= 12,5\text{m} \times 12\text{m} \\
 \text{Tinggi kapasitas berguna} &= 3 \text{ m} \\
 \text{Kapasitas berguna yang disiapkan} &= 12,5 \times 12 \times 3 \\
 &= 450 \text{ m}^3 > 317 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Diambil kapasitas mati reservoir distribusi sebesar 0,5 m dan tinggi ruang sebesar 3 m, sehingga tinggi total reservoir distribusi adalah 3.5 m. Jadi ukuran reservoir distribusi adalah 12,5 x 12 x 3 m.

5. Kesimpulan

- Metode yang digunakan untuk perhitungan proyeksi jumlah penduduk yaitu dengan menggunakan metode eksponensial karena memiliki koefisien korelasi yang paling mendekati 1 yaitu dengan nilai 0,998884696 dan standar deviasi paling kecil yaitu 127,8749389 pada tahun 2043 yaitu 1366 Jiwa.
- Kebutuhan Air minum yang dibutuhkan pada Perumahan Viola Watutumou pada tahun 2024 yaitu sebesar 3,43525.
- Volume reservoir yang dibutuhkan untuk memaksimalkan suplai air pada Perumahan Viola Watutumou yaitu dengan debit 10 lt/det harus memiliki volume minimal 450 m³ dengan penambahan untuk kapasitas mati dan ruang udara menjadi m³ dengan dimensi p x l x t yaitu 525 m³

Referensi

- Chrisiansen Dirk Kaunang Lingkan, Kawet, F. Halim. 2015. *Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Desa Maliambao Kecamatan Likupang Barat Kabupaten Minahasa Utara: Jurnal Sipil Statik 3.6* (2015)
- Fitria Auliya, Kartini Hj., Winardi. 2014 *Perencanaan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih Kecamatan Sungai Kakap Kabupaten Kubu Raya: JmtlUntan 2.1* (2014)
- manadokota.bps.go.id, (Agustus, 2022), Infografis Desa, [Diakses 5 September 2022].
- Joko Tri. 2010. Unit Air Baku dalam Sistem Penyediaan Air Minum: Graha Ilmu. Yogyakarta
- Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU. 1996
- Kodoatie, Robert J.. 2003. *Pengelolaan Sumber Daya Air Dalam Otonomi*. Daerah: Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia. Jakarta.
- Komariah Aan, Satori Djam'an. 2011, *Metode Penelitian Kualitatif*, Alfabeta: Bandung
- Modul Sistem Jaringan Pipa Transmisi dan Distribusi. 2018. Ditjen Cipta Karya PU Modul Proyeksi Kebutuhan Air dan Identifikasi Pola Fluktuasi Pemakaian Air. 2018. Ditjen Cipta Karya, Dinas PU.
- Morong Nikita. 2021. *Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Kelurahan Taratara 3 Kecamatan Tomohon Barat Kota Tomohon*.
- Nazir M. 2009. *Metode Penelitian: Ghalia Indonesia*. Bogor Pedoman Teknis Air Bersih IKK Pedesaan, 1990
- Peraturan Menteri Kesehatan. No. 416 Tahun 1990 Peraturan Pemerintah No. 16 Tahun 2005
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18 tahun 2007
- Suprihatin, Suparno ono. 2013. *Teknologi Proses Pengolahan air: IPBPress*. Bogor Suripin, Andi. 2002.
- Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air. Yogyakarta: Andi Suripi