

TINJAUAN ULANG KAPASITAS RESERVOIR DAN SALURAN TRANSMISI INSTALASI PENGOLAHAN AIR PDAM LAWU TIRTA MAGETAN DI DESA CILENG KABUPATEN MAGETAN

Purwanti Sri Pudyastuti^{1*}, Rendra Ardyansyah¹, Hermono S Budinetri¹, Jaji
Abdurrosyid¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A Yani, Tromol Pos I, Pabelan, Kartasura, Surakarta, Jawa Tengah
*Email: psp237@ums.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perkiraan kebutuhan air di Desa Cileng, Kabupaten Magetan, menganalisa pipa transmisi dalam 20 tahun kedepan, dan mengetahui kapasitas reservoir air baku. Hasil penelitian rencana tahun 2039 terjadi pertumbuhan penduduk yang meningkat sebanyak 47.371 jiwa yang diproyeksikan menggunakan metode least square. Pertumbuhan penduduk sangat berpengaruh terhadap kebutuhan air bersih masyarakat. Pada tahun 2039 kebutuhan air masyarakat di daerah pelayanan PDAM Lawu Tirta IPA Cileng mencapai 53,268 liter/detik. Sementara itu PDAM Lawu Tirta IPA Cileng saat ini hanya mampu menyediakan maksimal 50 liter/detik. Masyarakat pelanggan PDAM banyak menggunakan air pada hari Minggu. Volume Reservoir pada tahun perencanaan (2039) adalah 467,65 m³ yang didapatkan dari hasil perhitungan. Volume tersebut lebih besar dari yang dapat ditampung oleh PDAM Lawu Tirta IPA Cileng saat ini yang hanya berukuran 300 m³. Pipa saluran transmisi pada perhitungan tahun rencana (2039) dirasa masih cukup mampu untuk menyuplai kebutuhan dari sumber air ke reservoir IPA. Ukuran pipa PDAM Lawu Tirta IPA Cileng yang dipakai saat ini mempunyai diameter 8 inch, yang lebih besar dari hasil perhitungan yang hanya berdiameter 6,535 inch. Oleh karena itu tidak diperlukan pembesaran pipa.

Kata kunci: kapasitas reservoir, kebutuhan air, PDAM, pertumbuhan penduduk

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan mendasar bagi makhluk hidup untuk tetap melangsungkan kehidupannya di bumi, makhluk hidup akan sangat teras bergantung akan ketersediaan air yang memadai terutama air layak konsumsi, tanpa adanya air manusia, hewan, dan tumbuhan akan sangat sulit untuk mempertahankan hidupnya. Indonesia termasuk negara yang memiliki ketersediaan air tawar yang cukup memadai. Air tawar banyak bersumber dari air bawah permukaan yang berupa air tanah serta aliran sungai bawah tanah, dan sumber yang lain berasal dari air permukaan yaitu air yang terkumpul di atas tanah atau di mata air, sungai danau, lahan basah dan hanya sebagian kecil berada di atas permukaan tanah dan di udara.

Seperti halnya di Kabupaten Magetan pertumbuhan jumlah penduduk yang terus meningkat dari tahun ketahun menyebabkan kebutuhan air juga semakin meningkat. Oleh karena itu dibutuhkan sumber air yang dapat memenuhi kebutuhan masyarakat di Kabupaten Magetan. Hampir seluruh penduduk Kabupaten Magetan bergantung pada air bersih dari PDAM Tirta Lawu Magetan. PDAM Magetan sendiri memiliki beberapa sumber air baku yang berasal dari mata air gunung Lawu yang langsung didistribusikan kepada masyarakat tanpa perlu penampungan dan pengolahan karena sumber mata air dari lereng gunung Lawu sudah layak untuk dikonsumsi. Selain itu serta pada tahun 2012 air dari Waduk Gonggang yang sebelumnya hanya dimanfaatkan untuk kepentingan irigasi kemudian dimanfaatkan oleh PDAM untuk kebutuhan air di wilayah Magetan selatan yaitu Kecamatan Poncol.

Setelah PDAM memanfaatkan air permukaan dari waduk Gonggang maka didirikanlah Instalasi Pengolahan Air (IPA) tepatnya di desa Cileng Kecamatan Poncol Magetan untuk mengolah air baku menjadi air yang layak konsumsi bagi masyarakat. Penelitian ini dilakukan untuk memperkirakan kebutuhan air di wilayah layanan IPA desa Cileng dalam kurun waktu 20 tahun ke depan, mengetahui kapasitas reservoir air baku, dan menganalisa pipa transmisi agar layanannya optimal.

METODOLOGI PENELITIAN**Perkiraan Pertumbuhan Penduduk**

Data jumlah penduduk merupakan salah satu variabel yang diperlukan untuk memprediksi besarnya kebutuhan air di masa mendatang. Menurut Soemarto (1999), perkiraan pertumbuhan penduduk dapat dihitung dengan menggunakan beberapa metode, antara lain yaitu:

a. Metode aritmatika, dengan rumus:

$$P_n = P_0 (1 + (nr)) \quad (1)$$

$$r = \frac{P_0 - P_t}{t} \quad (2)$$

dengan :

- P_n = jumlah penduduk pada tahun ke-n
- P_0 = jumlah penduduk pada awal tahun
- r = prosentase pertumbuhan penduduk
- n = periode waktu yang ditinjau
- t = tahun
- P_t = jumlah penduduk pada tahun ke-t

b. Metode geometrik, dengan rumus:

$$P_n = P_0 (1 + r)^n \quad (3)$$

c. Metode regresi linier dengan pendekatan *least square*.

Kebutuhan Air

Acuan untuk menentukan kebutuhan air per orang per hari untuk kebutuhan domestik (kebutuhan rumah tangga) dan kebutuhan non-domestik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Panduan Kebutuhan Air Domestik dan Non-domestik (sumber: Dirjen Cipta Karya, 1996)

URAIAN	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (Jiwa)				
	> 1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	< 20.000
	Metropolitan	Besar	Sedang	Kecil	Desa
1	2	3	4	5	6
1. Konsumsi unit sambungan rumah (SR) (lt/org/hari)	> 150	150 - 120	90 - 120	80 - 120	60 - 80
2. Konsumsi unit hidran (HU) (lt/org/hari)	20 - 40	20 - 40	20 - 40	20 - 40	20 - 40
3. Konsumsi unit non-domestik (HU) (lt/unit/hari):					
a. Niaga kecil	600 - 500	600 - 500		600	
b. Niaga besar	1000 - 5000	1000 - 5000		15000	
c. Industri besar	0,2 - 0,8	0,2 - 0,8		0,2 - 0,8	
d. Pariwisata	0,1 - 0,3	0,1 - 0,3		0,1 - 0,3	
4. Kehilangan energi (%)	20 - 30	20 - 30	20 - 30	20 - 30	20 - 30
5. Faktor hari maksimum	1,15 - 1,25 * harian	1,15 - 1,25 * harian	1,15 - 1,25 * harian	1,15 - 1,25 * harian	1,15 - 1,25 * harian
6. Faktor hari puncak	1,75 - 2,0 * hari maks	1,75 - 2,0 * hari maks	1,75 - 2,0 * hari maks	1,75 - 2,0 * hari maks	1,75 - 2,0 * hari maks
7. Jumlah jiwa per SR (jiwa)	5	5	5	5	5
8. Jumlah jiwa per HU (jiwa)	100	100	100	100 - 200	200
9. Sisa tekan di penyediaan distribusi (meter)	10	10	10	10	10
10. Jam operasi (jam)	24	24	24	24	24
11. Volume reservoir (%max day demand)	15 - 25	15 - 25	15 - 25	15 - 25	15 - 25
12. SR : HU	50 : 50 s/d 80 : 20	50 : 50 s/d 80 : 20	80 : 20	70 : 30	70 : 30
13. Cakupan pelayanan (%)	90	90	90	90	90

Sedangkan kebutuhan air dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_r = \frac{Q n_p n_{sr}}{24 \times 3600} \quad (4)$$

dengan :

- Q_r = kebutuhan air rata-rata
- Q = kebutuhan air per orang per hari
- n_p = jumlah penduduk
- n_{sr} = jumlah sambungan rumah

Sistem Distribusi Air

Menurut Pebakirang (2015), sistem distribusi air bersih adalah sistem untuk penyaluran atau pembagian air melalui sistem perpipaan dari bangunan penampungan dan pengolahan (reservoir) ke daerah layanan (konsumen). Sistem transmisi dari reservoir ke daerah layanan dapat dilakukan secara gravitasi atau menggunakan pompa. Untuk menghitung kapasitas reservoir digunakan rumus sebagai berikut (Dirjen Cipta Karya, 1996):

$$Q_{produksi} = Q_r^- \times 0,2 + 1,2 \times Q_r^- \quad (5)$$

$$Q_{protot} = 1,75 \times Q_{produksi} \quad (6)$$

$$Kapasitas = V \times Q_{protot} \times 86400 \quad (7)$$

dengan:

- V = volume surplus dan defisit
- Q_r^- = debit rata-rata (lt/dtk)
- Q_{protot} = debit pada jam puncak (lt/dtk)

Diameter pipa dihitung dengan menggunakan rumus Hazen-William sebagai berikut (Triatmodjo, 1993):

$$Q_{hm} = 0,279 Cx D^{2,63} \times S^{0,54} \quad (8)$$

$$S = \frac{H}{L} \quad (9)$$

dengan:

- D = diameter pipa transmisi
- C = koefisien kekasaran pipa
- Q_{hm} = debit pada jam puncak (lt/dtk)
- S = kemiringan pipa
- H = ketinggian kontur
- L = panjang pipa

Kehilangan energi mayor (*major loss*) pada pipa dapat dihitung dengan menggunakan rumus Darcy-Weisbach atau Hazen-William (Sularso & Tahara, 2006).

$$h_f = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (\text{Darcy-Weisbach}) \quad (10)$$

$$h_f = \frac{10,67}{C^{1,86}} \frac{L}{D^{4,87}} Q^{1,85} \quad (\text{Hazen-William}) \quad (11)$$

dengan:

- h_f = kehilangan energi (m)
- L = panjang pipa (m)
- D = diameter pipa (m)
- v = kecepatan aliran (m/dtk)
- g = percepatan gravitasi (m/dtk²)
- C = koefisien kekasaran
- λ = koefisien gesekan

Data dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer berupa kuisioner yang dibagikan kepada pengguna PDAM Lawu Tirta, digunakan untuk mengetahui jam puncak penggunaan air. Data sekunder berupa data kependudukan (tahun 2011 – 2019), data fasilitas umum dan sosial, data teknis bangunan air yang ada, gambar jaringan pipa transmisi, dimensi pipa eksisting, dan data debit pada mata air, seluruh bak pelepas tekan, dan reservoir. Lokasi penelitian ditampilkan pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 3. Lokasi Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perkiraan Pertumbuhan Penduduk

Dengan menggunakan data kependudukan dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Magetan tahun 2011 – 2020, maka diperoleh hasil hitungan proyeksi pertumbuhan penduduk 20 tahun ke depan seperti ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Proyeksi Jumlah Penduduk Tahun 2039

Tahun	Proyeksi jumlah penduduk 20 tahun ke depan		
	Aritmatika	Geometrik	Regresi Linier
2020	46047	46048	45589
2021	46133	46135	45682
2022	46218	46221	45776
2023	46304	46308	45870
2024	46389	46395	45964
2025	46475	46482	46058
2026	46560	46569	46152
2027	46646	46657	46245
2028	46731	46744	46339
2029	46816	46832	46433
2030	46902	46920	46527
2031	46987	47008	46621
2032	47073	47096	46715
2033	47158	47184	46808
2034	47244	47273	46902
2035	47329	47362	46996
2036	47415	47450	47090
2037	47500	47539	47184
2038	47585	47629	47278
2039	47671	47718	47371
standard deviasi	712,08	711,96	695,77

Untuk analisa selanjutnya, dipilih hasil hitungan proyeksi jumlah penduduk dengan menggunakan metode least square karena mempunyai nilai deviasi standard yang terkecil.

Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih total adalah kebutuhan air bersih untuk keperluan rumah tangga (domestik) dan non-domestik ditambah dengan kehilangan air. Besarnya kehilangan air diasumsikan sebesar 20% dari kebutuhan air total sampai akhir tahun perencanaan. Dengan menggunakan acuan dari Tabel 1 serta rumus-rumus untuk hitungan kebutuhan air yang sudah diuraikan pada halaman sebelumnya, maka diperoleh hasil hitungan kebutuhan air seperti ditampilkan pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil Hitungan Kebutuhan Air Bersih

Tahun	Q Domestik dan Non Domestik (lt/dtk)	Q Kehilangan (lt/dtk)	Q Total (lt/dtk)	Q harian (liter/hari)
2020	41,604	8,321	49,924	4.313.459,0
2021	41,682	8,336	50,018	4.321.566,5
2022	41,832	8,366	50,199	4.337.166,0
2023	41,983	8,397	50,379	4.352.765,6
2024	42,133	8,427	50,560	4.368.365,1
2025	42,284	8,457	50,740	4.383.964,7
2026	42,434	8,487	50,921	4.399.564,2
2027	42,585	8,517	51,101	4.415.163,8
2028	42,735	8,547	51,282	4.430.763,3
2029	42,885	8,577	51,463	4.446.362,8
2030	43,036	8,607	51,643	4.461.962,4
2031	43,186	8,637	51,824	4.477.561,9
2032	43,337	8,667	52,004	4.493.161,5
2033	43,487	8,697	52,185	4.508.761,0
2034	43,638	8,728	52,365	4.524.360,5
2035	43,788	8,758	52,546	4.539.960,1
2036	43,939	8,788	52,726	4.555.559,6
2037	44,089	8,818	52,907	4.571.159,2
2038	44,240	8,848	53,087	4.586.758,7
2039	44,390	8,878	53,268	4.602.358,3

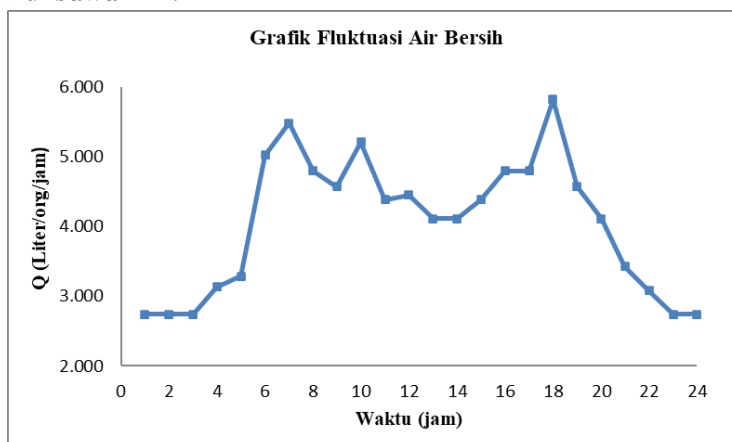
Dari hasil hitungan diperoleh peningkatan kebutuhan air rata-rata maksimum pada tahun 2039 sebesar 53,268 liter/detik. Berdasarkan data dari PDAM Lawu Tirta Magetan debit dari Waduk Gonggang dulu sebesar 50 liter/detik namun karena adanya longsor di sekitar waduk hingga mengakibatkan pipa 46 tersumbat kini hanya sebesar 40 liter/detik yang akan masuk ke IPA Cileng dan setelah melalui pengolahan hanya 37 liter/detik yang masuk kedalam reservoir, dan debit yang dapat didistribusikan untuk masyarakat sekitar 34 liter/detik. Dengan kondisi ini maka perlu mencari alternatif sumber air tambahan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yang semakin meningkat. Sumber air alternatif dapat berupa dari mata air, pengeboran sumur dalam, atau pembuatan reservoir air hujan (*rainwater harvesting*) yang banyak diterapkan di daerah-daerah rawan kekeringan seperti Gunung Kidul (Pudyastuti, 2020)

Fluktuasi Pemakaian Air

Data fluktuasi penggunaan air bersih di wilayah distribusi IPA Cileng didapatkan melalui survei menggunakan kuisioner. Responden dipilih sebanyak 20 responden yang mewakili penduduk di Desa Cileng. Berdasarkan hasil survei yang dilakukan dengan kuisioner terhadap 20 responden, maka jam puncak pemakaian air PDAM Lawu Tirta IPA Cileng terjadi pada pagi dan sore hari tepatnya pukul 06.00-07.00 dan 17.00.

Pada pukul 13.00-14.00 terjadi ketenangan laju pemakaian air oleh masyarakat. Sedangkan pada pukul 23.00-03.00 adalah jam terendah untuk pemakaian air. Pemakaian terendah ini karena masyarakat hanya menggunakan air untuk berwudhu' dan ke toilet.

Pemakaian air harian maksimum terjadi pada hari Minggu. Pemakaian air harian maksimum didapatkan dari perhitungan jumlah kebutuhan air domestik dan non domestik dikalikan dengan faktor harian maksimum sebesar 1,25 dan akan didapatkan hasil sebesar 62,405 liter/detik atau 224.659,3 liter/jam untuk penduduk pada tahun 2020. Fluktuasi pemakaian air pada PDAM Lawu Tirta dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 4. Grafik Fluktuasi Air Bersih Pada Daerah Layanan PDAM Lawu Tirta Magetan

Kapasitas Reservoir

Kapasitas/volume reservoir dapat dihitung setelah mengetahui jumlah kebutuhan air harian maksimum. Besarnya volume reservoir dihitung dengan menjumlahkan debit terendah dengan debit tertinggi yang didapatkan dari total kebutuhan air maksimum yang dikurangkan dengan total pemakaian air masyarakat. Hasil perhitungan volume reservoir dapat dilihat dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hitungan Proyeksi Kapasitas Reservoir

Jam	Debit (m ³ /jam)	Jumlah Penduduk 2039	Fluktuasi (m ³ /jam)	Kumulatif Fluktuasi (m ³ /jam)	Debit Harian Max(m ³ /jam)	Kumulatif Debit Harian Max(m ³ /jam)	Surplus (m ³)	Defisit (m ³)
	A	B	C=A*B	D=Akumulasi (C)	E	F=Akumulasi (E)	G= F-D	G= F-D
1	0,003	47371	129,785	130	191,8	192	61,98	-
2	0,003	47371	129,785	260	191,8	384	123,96	-
3	0,003	47371	129,785	389	191,8	575	185,94	-
4	0,003	47371	148,326	538	191,8	767	229,38	-
5	0,003	47371	155,742	693	191,8	959	265,40	-
6	0,005	47371	237,939	931	191,8	1.151	219,23	-
7	0,005	47371	259,570	1.191	191,8	1.342	151,42	-
8	0,005	47371	227,124	1.418	191,8	1.534	116,06	-
9	0,005	47371	216,308	1.634	191,8	1.726	91,52	-
10	0,005	47371	246,591	1.881	191,8	1.918	36,70	-
11	0,004	47371	207,656	2.089	191,8	2.109	20,80	-
12	0,004	47371	210,900	2.3	191,8	2.301	1,67	-
13	0,004	47371	194,677	2.494	191,8	2.493	-	-1,24
14	0,004	47371	194,677	2.689	191,8	2.685	-	-4,16
15	0,004	47371	207,656	2.897	191,8	2.876	-	-20,05
16	0,005	47371	227,124	3.124	191,8	3.068	-	-55,41
17	0,005	47371	227,124	3.351	191,8	3.26	-	-90,76
18	0,006	47371	275,793	3.627	191,8	3.452	-	-174,79
19	0,005	47371	216,308	3.843	191,8	3.644	-	-199,34
20	0,004	47371	194,677	4.038	191,8	3.835	-	-202,25
21	0,003	47371	162,231	4.2	191,8	4.027	-	-172,71
22	0,003	47371	146,008	4.346	191,8	4.219	-	-126,96
23	0,003	47371	129,785	4.476	191,8	4.411	-	-64,98
24	0,003	47371	129,785	4.605	191,8	4.602	-	-3,00
Surplus Maksimum							265,40	
Defisit Minimum							-202,25	
Volume Reservoir = Surplus Maksimum - Defisit Minimum							467,65	

Kapasitas yang dimiliki IPA Cileng saat ini adalah sebesar 300 m³, sehingga belum cukup untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat dalam 20 tahun kedepan. Oleh karena itu diperlukan pembesaran reservoir berdasarkan hasil perhitungan sebesar 468 m³ dan dibulatkan menjadi 500 m³ dengan pertimbangan agar dapat memenuhi keperluan mendesak pada tahun perencanaan.

Kapasitas Saluran Transmisi

Saluran transmisi PDAM Lawu Tirta dalam penelitian ini menggunakan sistem gravitasi dimana posisi sumber air lebih tinggi dari reservoir. Dalam menganalisa pipa saluran transmisi tersebut akan menggunakan data elevasi dan dimensi pipa yang telah digunakan oleh PDAM Lawu Tirta. Pipa dari sumber mata air ke IPA (B ke C), debit yang dialirkan guna memenuhi kebutuhan air bersih PDAM Lawu Tirta IPA Cileng sampai dengan tahun 2020 adalah 0,05327 m³/det, tinggi titik pengambilan = + 810,000 m, tinggi Muka air di IPA = + 618,000 m, panjang Pipa (L) = 6060.

$$\text{Kemiringan Hidrolis (S)} = \frac{Hf_{BC}}{L} = \frac{\text{Kehilangan Energi}}{\text{Panjang Pipa}} = \frac{287,902}{6060} = 0,0475$$

$$V = 0,354 \cdot C_H \cdot S^{0,54} \cdot D^{0,36}$$

$$Q/A = 0,354 \cdot C_H \cdot S^{0,54} \cdot D^{0,36}$$

$$Q = 0,2785 \cdot C_H \cdot S^{0,54} \cdot D^{0,36}$$

Berdasarkan dari tabel nilai koefisien Hazen-Williams untuk pipa baja diperoleh nilai $C_H = 120$

$$Q = 0,2785 \cdot C_H \cdot S^{0,54} \cdot D^{0,36}$$

$$0,05327 = 0,2785 \cdot 120 \cdot (0,0475)^{0,54} \cdot D^{2,63}$$

$$D = 0,166 \text{ m} = 16,6 \text{ cm} = 6,535 \text{ inch}$$

Berdasarkan hasil perhitungan untuk pipa saluran transmisi PDAM Lawu Tirta IPA Cileng guna memenuhi kebutuhan air pada tahun 2039 mendapatkan diameter pipa sebesar 6,535 inci. PDAM Lawu Tirta IPA Cileng saat ini menggunakan pipa dengan diameter sebesar 8 inci, dengan diameter pipa tersebut penggunaan pipa PDAM Lawu Tirta dalam 20 tahun kedepan dirasa masih cukup untuk memenuhi kebutuhan pelayanan dan belum diperlukan pembesaran pipa.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan hasil hitungan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada tahun rencana 2039 terjadi pertumbuhan penduduk yang meningkat sebanyak 47.371 jiwa yang diproyeksikan menggunakan metode regresi linier menggunakan pendekatan least square. Metode ini dipilih karena mempunyai nilai standar deviasi paling kecil dibanding metode aritmatika dan geometrik.
2. Pertumbuhan penduduk sangat berpengaruh terhadap kebutuhan air bersih masyarakat. Pada tahun 2039 kebutuhan air masyarakat di daerah pelayanan PDAM Lawu Tirta IPA Cileng mencapai 53,268 liter/detik. Sementara itu PDAM Lawu Tirta IPA Cileng saat ini hanya mampu menyediakan maksimal 50 liter/detik.
3. Masyarakat pelayanan PDAM banyak menggunakan air pada hari minggu. Dan jam yang terpadat dalam pelayanan terjadi pada saat pagi hari dimulai dari pukul 05.00-08.00 sedangkan untuk sore harinya terjadi pada pukul 16.00-18.00.
4. Volume reservoir pada tahun perencanaan (2039) adalah 467,65 m³. Volume tersebut lebih besar dari yang dimiliki PDAM Lawu Tirta IPA Cileng saat ini yang hanya berukuran 300 m³.
5. Pipa saluran transmisi pada perhitungan tahun rencana (2039) dirasa masih cukup mampu untuk menyuplai kebutuhan dari sumber air ke reservoir IPA. Ukuran pipa PDAM Lawu Tirta IPA Cileng yang dipakai Saat ini mempunyai diameter 8 inch hal itu lebih besar dari hasil perhitungan yang hanya berdiameter 6,535 inch. Oleh karena itu tidak diperlukan pembesaran pipa.

Saran

Untuk memenuhi kebutuhan air di masa yang akan datang, maka PDAM Lawu Tirta perlu meningkatkan kapasitas reservoirnya dan mencari alternatif sumber air tambahan agar dapat memenuhi kebutuhan air masyarakat di daerah layanannya. Alternatif sumber air dapat berasal dari mata air, sumur dalam, atau pembuatan reservoir penampung air hujan. Selain itu juga perlu dilakukan usaha konservasi di daerah tangkapan air yang menjadi sumber air agar ketersediaan air dapat berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Magetan, 2020, Kabupaten Magetan dalam Angka Tahun 2020.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Magetan, 2019, Kabupaten Magetan dalam Angka Tahun 2019.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Magetan, 2018, Kabupaten Magetan dalam Angka Tahun 2018.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Magetan, 2017, Kabupaten Magetan dalam Angka Tahun 2017.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Magetan, 2016, Kabupaten Magetan dalam Angka Tahun 2016.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Magetan, 2015, Kabupaten Magetan dalam Angka Tahun 2015.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Magetan, 2014, Kabupaten Magetan dalam Angka Tahun 2014.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Magetan, 2013, Kabupaten Magetan dalam Angka Tahun 2013.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Magetan, 2012, Kabupaten Magetan dalam Angka Tahun 2012.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Magetan, 2011, Kabupaten Magetan dalam Angka Tahun 2011.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum, 1996, Analisis Kebutuhan Air Bersih.
- Pebakirang, A., 2015, Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih di Desa Munte Kecamatan Likupang Barat Kabupaten Minahasa Utara, *Jurnal Sipil*, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Pudyastuti, P.S., et.al, 2020, Small Scale Integrated Sustainable Roof Design (Case Study in Surakarta City), *Journal of Civil Engineering and Architecture* 8(4): 500 – 506, <http://www.hrpub.org>, DOI: 10.13189/cea.2020.080413
- Soemarto, C.D., 1999, Hidrologi Teknik, *Penerbit Erlangga*, Jakarta.
- Sularso dan Tahara, H., 2006, Pompa dan Kompresor, *Penerbit PT. Pradnya Paramita*, Jakarta, hal 117 – 129.
- Triatmodjo, B., 1993, Hidraulika II, ISBN: 9798541030, *Penerbit Beta Offset*, Yogyakarta.